注册建筑师考试丛书

一级注册建筑师考试教材

第三分册　建筑物理与建筑设备

（第十三版）

《注册建筑师考试教材》编委会　编
曹纬浚　主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目（CIP）数据

一级注册建筑师考试教材 第三分册 建筑物理与建筑设备/《注册建筑师考试教材》编委会编；曹纬浚主编. —13版. —北京：中国建筑工业出版社，2017.11

（注册建筑师考试丛书）

ISBN 978-7-112-21392-4

Ⅰ.①一… Ⅱ.①注… ②曹… Ⅲ.①建筑物理学-资格考试-自学参考资料 ②房屋建筑设备-资格考试-自学参考资料 Ⅳ.①TU

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第254197号

责任编辑：张 建
责任校对：焦 乐 关 健

注册建筑师考试丛书
一级注册建筑师考试教材
第三分册 建筑物理与建筑设备
（第十三版）
《注册建筑师考试教材》编委会 编
曹纬浚 主编
*
中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京市密东印刷有限公司印刷
*
开本：787×1092毫米 1/16 印张：20 字数：485千字
2017年11月第十三版 2017年11月第二十二次印刷
定价：**56.00**元
ISBN 978-7-112-21392-4
(31046)

《注册建筑师考试教材》

编　委　会

序

赵春山

（住房和城乡建设部执业资格注册中心原主任
兼全国勘察设计注册工程师管理委员会副主任
中国建筑学会常务理事）

我国正在实行注册建筑师执业资格制度，从接受系统建筑教育到成为执业建筑师之前，首先要得到社会的认可，这种社会的认可在当前表现为取得注册建筑师执业注册证书，而建筑师在未来怎样行使执业权力，怎样在社会上进行再塑造和被再评价从而建立良好的社会资源，则是另一个角度对建筑师的要求。因此在如何培养一名合格的注册建筑师的问题上有许多需要思考的地方。

一、正确理解注册建筑师的准入标准

我们实行注册建筑师制度始终坚持教育标准、职业实践标准、考试标准并举，三者之间相辅相成、缺一不可。所谓教育标准就是大学专业建筑教育。建筑教育是培养专业建筑师必备的前提。一个建筑师首先必须经过大学的建筑学专业教育，这是基础。职业实践标准是指经过学校专门教育后又经过一段有特定要求的职业实践训练积累。只有这两个前提条件具备后才可报名参加考试。考试实际就是对大学建筑教育的结果和职业实践经验积累结果的综合测试。注册建筑师的产生都要经过建筑教育、实践、综合考试三个过程，而不能用其中任何一个去代替另外两个过程，专业教育是建筑师的基础，实践则是在步入社会以后通过经验积累提高自身能力的必经之路。从本质上说，注册建筑师考试只是一个评价手段，真正要成为一名合格的注册建筑师还必须在教育培养和实践训练上下工夫。

二、关注建筑专业教育对职业建筑师的影响

应当看到，我国的建筑教育与现在的人才培养、市场需求尚有脱节的地方，比如在人才知识结构与能力方面的实践性和技术性还有欠缺。目前在建筑教育领域实行了专业教育评估制度，一个很重要的目的是想以评估作为指挥棒，指挥或者引导现在的教育向市场靠拢，围绕着市场需求培养人才。专业教育评估在国际上已成为了一种通行的做法，是一种通过社会或市场评价教育并引导教育围绕市场需求培养合格人才的良好机制。

当然，大学教育本身与社会的具体应用需要之间有所区别，大学教育更侧重于专业理论基础的培养，所以我们就从衡量注册建筑师第二个标准——实践标准上来解决这个问题。注册建筑师考试前要强调专业教育和三年以上的职业实践。现在专门为报考注册建筑师提供一个职业实践手册，包括设计实践、施工配合、项目管理、学术交流四个方面共十项具体实践内容，并要求申请考试人员在一名注册建筑师指导下完成。

理论和实践是相辅相成的关系，大学的建筑教育是基础理论与专业理论教育，但必须要给学生一定的时间使其把理论知识应用到实践中去，把所学和实践结合起来，提高自身的业务能力和专业水平。

大学专业教育是作为专门人才的必备条件，在国外也是如此。发达国家对一个建筑师的要求是：没有经过专门的建筑学教育是不能称之为建筑师的，而且不能进入该领域从事与其相关的职业。企业招聘人才也首先要看他们是否具备扎实的基本知识和专业本领，所以大学的本科建筑教育是必备条件。

三、注意发挥在职教育对注册建筑师培养的补充作用

在职教育在我国有两个含义：一种是后补充学历教育，即本不具备专业学历，但工作后经过在职教育通过社会自学考试，取得从事现职业岗位要求的相应学历；还有一种是继续教育，即原来学的本专业和其他专业学历，随着科技发展和自身业务领域的拓宽，原有的知识结构已不适应了，于是通过在职教育去补充相关知识。由于我国建筑教育在过去一段时期底子薄，培养数量与社会需求差距很大。改革开放以后为了满足快速发展的建筑市场需求，一批没有经过规范的建筑教育的人员进入了建筑师队伍。而要解决好这一历史问题，提高建筑师队伍整体职业素质，在职教育有着重要的补充作用。

继续教育是在职教育的一种行之有效的教育形式，它特指具有专业学历背景的在职人员从业后，因社会的发展使得原有知识需要更新，要通过参加新知识、新技术的学习以调整原有知识结构、拓宽知识范围。它在性质上与在职培训相同，但又不能完全画等号。继续教育是有计划性、目标性、提高性的，从整体人才队伍和个人知识总体结构上作调整和补充。当前，社会在职教育在制度上和措施上还不够完善，质量很难保证。有一些人把在职读学历作为“镀金”，把继续教育当作“过关”。虽然最后证明拿到了，但实际的本领和水平并没有相应提高。为此需要我们做两方面的工作，一是要让我们的建筑师充分认识到在职教育是我们执业发展的第一需求；二是我们的教育培训机构要完善制度、改进措施、提高质量，使参加培训的人员有所收获。

四、为建筑师创造一个良好的职业环境

要向社会提供高水平、高质量的设计产品，关键还是要靠注册建筑师的自身素质，但也不可忽视社会环境的影响。大众审美的提高可以让建筑师感受到社会的关注，增强自省意识，努力创造出一个经受得住大众评价的作品。但目前实际上建筑师的很多设计思想受开发商与业主方面很大的影响，有时建筑水平并不完全取决于建筑师，而是取决于开发商与业主的喜好。有的业主审美水平不高，很多想法往往只是自己的意愿，这就很难做出与社会文化、科技、时代融合的建筑产品。要改善这种状态，首先要努力创造尊重知识、尊重人才的社会环境。建筑师要维护自己的职业权力，大众要尊重建筑师的创作成果，业主不要把个人喜好强加于建筑师。同时建筑师自身也要提高自己的素质和修养，增强社会责任感，建立良好的社会信誉。要让创造出的作品得到大众的尊重，首先自己要尊重自己的劳动成果。

五、认清差距，提高自身能力，迎接挑战

目前中国的建筑师与国际水平还存在着一定差距，而面对信息化时代，如何缩小差距以适应时代变革和技术进步，及时调整并制定新的对策，成为建筑教育需要探讨解决的问题。

我们现在的建筑教育不同程度地存在重艺术、轻技术的倾向。在注册建筑师资格考试中明显感觉到建筑师们在相关的技术知识包括结构、设备、材料方面的把握上有所欠缺，这与教育有一定的关系。学校往往比较注重表现能力方面的培养，而技术方面的教育则相对不足。尽管这些年有的学校进行了一些课程调整，加强了技术方面的教育，但从整体来看，现在的建筑师在知识结构上还是存在缺欠。

建筑是时代发展的历史见证，它凝固了一个时期科技、文化发展的印记，建筑师如果不能与时代发展相适应，努力学习和掌握当代社会发展的科学技术与人文知识，提高建筑的科技、文化内涵，就很难创造出高水平的作品。

当前，我们的建筑教育可以利用互联网加强与国外信息的交流，了解和掌握国外在建筑方面的新思路、新理念、新技术。这里想强调的是，我们的建筑教育还是应该注重与社会发展相适应。当今，社会进步速度很快，建筑所蕴含的深厚文化底蕴也在不断地丰富、发展。现代建筑创作不能单一强调传统文化，要充分运用现代科技发展成果，使建筑在经济、安全、健康、适用和美观方面得到全面体现。在人才培养上也要与时俱进。加强建筑师科技能力的培养，让他们学会适应和运用新技术、新材料去进行建筑创作。

一个好的建筑要实现它的内在和外表的统一，必须要做到：建筑的表现、材料的选用、结构的布置以及设备的安装融为一体。但这些在很多建筑中还做不到，这说明我们一些建筑师在对新结构、新设备、新材料的掌握和运用上能力不够，还需要加大学习的力度。只有充分掌握新的结构技术、设备技术和新材料的性能，建筑师才能够更好地发挥创造水平，把技术与艺术很好地融合起来。

中国加入 WTO 以后面临国外建筑师的大量进入，这对中国建筑设计市场将会有很大的冲击，我们不能期望通过政府设立各种约束限制国外建筑师的进入而自保，关键是要使国内建筑师自身具备与国外建筑师竞争的能力，充分迎接挑战、参与竞争，通过实践提高我们的设计水平，为社会提供更好的建筑作品。

前　言

原**建设部**和**人事部**自1995年起开始实施注册建筑师执业资格考试制度。

为了帮助建筑师们准备考试，本书的编写教师自1995年起就先后参加了北京市一、二级注册建筑师考试辅导班的教学工作。他们都是本专业具有较深造诣的高级工程师和教授，分别来自北京市建筑设计研究院、北京建筑大学、北京工业大学、北方工业大学、北京交通大学和清华大学建筑设计研究院。作者以考试大纲和现行规范、标准为依据，在辅导班讲课教案的基础上，经多年教学实践的检验修改，于2001年为全国考生编写了《注册建筑师考试丛书》。本套书包括：《一级注册建筑师考试教材》（共6个分册）、《二级注册建筑师考试教材》（共3个分册）和《一级注册建筑师考试历年真题与解析》（共5个分册）（以下分别简称《一级教材》、《二级教材》和《历年真题与解析》）。本套书的编写目的是指导复习，因此力求简明扼要、联系实际，着重对规范的讲解和对基本原理、重点概念的解析。

全国注册建筑师管理委员会规定：每年考试所使用的规范、规程，以本考试年度上一年12月31日前正式实施的规范、规程为准。每年我们均根据规范、规程的修订、更新和当年考题的实际情况修订《一级教材》。2017年年底前开始实施，与注册建筑师考试有关的新规范、新标准主要有：《剧场建筑设计规范》、《宿舍建筑设计规范》、《老年人居住建筑设计规范》、《民用建筑热工设计规范》和《建筑工程施工质量评价标准》等（详见本书附录2）。2017年《一级教材》和《历年真题与解析》均按照这些新修订的规范、标准进行了全面修订，力求满足考试要求。

本套《一级教材》共有6个分册。《第一分册 设计前期 场地与建筑设计（知识）》，对应考试科目为“设计前期与场地设计”和“建筑设计”；《第二分册 建筑结构》，对应考试科目为“建筑结构”；《第三分册 建筑物理与建筑设备》，对应考试科目为“建筑物理与建筑设备”；《第四分册 建筑材料与构造》，对应考试科目为“建筑材料与构造”；《第五分册 建筑经济 施工与设计业务管理》，对应考试科目为“建筑经济、施工与设计业务管理”；《第六分册 建筑方案 技术与场地设计（作图）》，对应考试科目为“建筑方案设计”、“建筑技术设计”和“场地设计”（第一至五分册对应的是知识题，第六分册对应的是作图题）。

参加《一级教材》编写的老师如下：第一、第二章耿长孚、王昕禾；第三、第七及第二十八章张思浩；第四章何力；第五章姜中光、王又佳；第六章荣玥芳；第八章钱民刚；第九章黄莉、王昕禾；第十至第十四章林焕枢；第十五、第十六章黄莉；第十七章汪琪美；第十八章刘博；第十九章李英；第二十章吕鉴；第二十一章及第二十九章设备部分贾昭凯；第二十二章及第二十九章电气部分冯玲；第二十三章侯云芬；第二十四章陈岚；第二十五章陈向东；第二十六章穆静波；第二十七章李魁元；第二十九章建筑及结构部分樊振和；第三十章耿长孚。

多年来曾参与或协助本套书编写、修订的老师有：陈璐、王其明、翁如璧、任朝钧、曾俊、李德富、朋改非、杨金铎、周慧珍、刘宝生、张英、陶维华、许萍、郝昱、赵欣然、霍新民、何玉章、颜志敏、曹一兰、周庄、管清坤、张文革、张岩、周迎旭、曹京、杨洪波、李智民、耿京、李铁柱、仲晓雯、冯存强、阮广青、刘若禹、任东勇、钱程、阮文依、王金羽、康义荣、孙琳、杨守俊、王志刚、何承奎、吴扬、张翠兰、孙玮、黄丽华、赵思儒、吴越恺、高璐、韩雪、陈启佳、曹欣、郭虹、楼香林、李广秋、李平、邓华、冯嘉骝、翟平、曹铎、高焱、张迪、杨婧一、薛勇。

考生在学习《一级教材》时，除应阅读相应的标准、规范外，还应多做试题，以便巩固知识，加深理解和记忆。《历年真题与解析》是《一级教材》的配套试题集，收录了2003年以来知识题的历年真实试题并附详细的解答提示和参考答案。其5个分册，分别对应于《一级教材》的第一至五分册。《历年真题与解析》的每个分册均包含两个部分，即按照《一级教材》章节设置的分散试题和近几年的整套试题。考生可以在考前做几次自测练习。

《一级教材》的第六分册收录了一级注册建筑师资格考试的“建筑方案设计”、“建筑技术设计”和“场地设计”三个作图考试科目的历年真实试题，并提供了参考答卷，部分试题还附有评分标准，对作图科目考试的复习大有好处。

预祝各位考生在考试中取得好成绩！

《注册建筑师考试教材》编委会

2017年9月

一级注册建筑师考试教材

总　目　录

第一分册　设计前期 场地与建筑设计（知识）

第一章　设计前期工作
第二章　场地设计知识
第三章　建筑设计原理
第四章　中国古代建筑史
第五章　外国建筑史
第六章　城市规划基础知识
第七章　建筑设计标准、规范

第二分册　建　筑　结　构

第八章　建筑力学
第九章　建筑结构与结构选型
第十章　建筑结构上的作用及设计方法
第十一章　钢筋混凝土结构设计
第十二章　钢结构设计
第十三章　砌体结构设计
第十四章　木结构设计
第十五章　建筑抗震设计基本知识
第十六章　地基与基础

第三分册　建筑物理与建筑设备

第十七章　建筑热工与节能
第十八章　建筑光学
第十九章　建筑声学
第二十章　建筑给水排水
第二十一章　暖通空调

第二十二章　建筑电气

第四分册　建筑材料与构造

第二十三章　建筑材料
第二十四章　建筑构造

第五分册　建筑经济 施工与设计业务管理

第二十五章　建筑经济
第二十六章　建筑施工
第二十七章　设计业务管理

第六分册　建筑方案 技术与场地设计（作图）（含作图试题）

第二十八章　建筑方案设计（作图）
第二十九章　建筑技术设计（作图）
第三十章　场地设计（作图）

第三分册　建筑物理与建筑设备

目　　录

序 ………………………………………………………………………… 赵春山
前言
第十七章　建筑热工与节能……………………………………………… 1
　第一节　传热的基本知识……………………………………………… 1
　第二节　热环境………………………………………………………… 7
　第三节　建筑围护结构的传热原理及计算 ………………………… 12
　第四节　围护结构的保温设计 ……………………………………… 21
　第五节　外围护结构的蒸汽渗透和冷凝 …………………………… 30
　第六节　建筑日照 …………………………………………………… 34
　第七节　建筑防热设计 ……………………………………………… 36
　第八节　建筑节能 …………………………………………………… 46
　习题 ………………………………………………………………… 67
　参考答案 …………………………………………………………… 76
第十八章　建筑光学 …………………………………………………… 77
　第一节　建筑光学基本知识 ………………………………………… 77
　第二节　天然采光 …………………………………………………… 84
　第三节　建筑照明 …………………………………………………… 92
　习题………………………………………………………………… 102
　参考答案…………………………………………………………… 105
第十九章　建筑声学………………………………………………… 106
　第一节　建筑声学基本知识……………………………………… 106
　第二节　室内声学原理…………………………………………… 110
　第三节　材料和结构的声学特性………………………………… 113
　第四节　室内音质设计…………………………………………… 120
　第五节　噪声控制………………………………………………… 127
　习题………………………………………………………………… 137
　参考答案…………………………………………………………… 141
第二十章　建筑给水排水…………………………………………… 142
　第一节　建筑给水………………………………………………… 142
　第二节　建筑内部热水系统……………………………………… 148
　第三节　水污染的防治及抗震措施……………………………… 154
　第四节　消防给水………………………………………………… 157
　第五节　建筑排水………………………………………………… 166
　第六节　建筑节水基本知识……………………………………… 174
　习题………………………………………………………………… 179
　参考答案…………………………………………………………… 181

第二十一章　暖通空调 182
第一节　供暖系统 182
第二节　通风系统 190
第三节　空调系统 192
第四节　建筑设计与供暖空调运行节能 203
第五节　设备机房及主要设备的空间要求 205
第六节　建筑防、排烟及通风空调、防火措施 206
第七节　燃气种类及安全措施 211
第八节　暖通空调专业常用单位 214
习题 215
参考答案 222
第二十二章　建筑电气 223
第一节　供配电系统 223
第二节　配变电所和自备电源 227
第三节　民用建筑的配电系统 230
第四节　电气照明 239
第五节　电气安全和建筑物防雷 245
第六节　火灾自动报警系统 251
第七节　电话、有线广播和扩声、同声传译 266
第八节　共用天线电视系统和闭路应用电视系统 269
第九节　呼应（叫）信号及公共显示装置 271
第十节　智能建筑及综合布线系统 272
第十一节　电气设计基础 279
习题 283
参考答案 286
附录 1　全国一级注册建筑师资格考试大纲 287
附录 2　全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目 290
附录 3　2017 年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项 299
附录 4　解读《2017 年考生注意事项》　郭保宁 301
附录 5　对知识单选题考试备考和应试的建议 305

第十七章　建筑热工与节能

本章主要介绍围护结构传热的基本知识和传热原理；研究建筑室外气候通过建筑围护结构对室内热环境的影响，室内外热湿作用对围护结构的影响；论述如何通过建筑规划和设计上的相应措施，合理地解决建筑的保温、防热、防潮、节能等问题，最终达到改善室内热环境和提高围护结构耐久性的目的。

《民用建筑热工设计规范》GB 50176—93 是进行热工设计的依据。2017 年 4 月 1 日，修订后的《民用建筑热工设计规范》GB 50176—2016（以下简称《热工规范》）开始实施。《热工规范》的主要修订内容是：细化了热工设计分区；细分了保温、隔热设计要求；修改了热桥、隔热计算方法；增加了透光围护结构、自然通风、遮阳设计的内容；补充了热工设计计算参数。

第一节　传热的基本知识

热量的传递称为传热。在自然界中，只要存在温差就会出现传热现象。

一、传热的基本概念

（一）温度

温度是表征物体冷热程度的物理量，温度使用的单位为 K 或℃。

（二）温度场

某一瞬间，物体内所有各点的温度分布称为温度场。温度场是空间某点坐标 x，y，z 与时间 τ 的函数，公式表达为：

$$t = f(x,y,z,\tau) \tag{17-1}$$

温度场可分为以下类型：

（1）稳定温度场：温度场内各点温度不随时间变化。

（2）不稳定温度场：温度场内各点温度随时间发生变化。

在建筑热工设计中，主要涉及的是一维稳定温度场 $t=f(x)$ 和一维不稳定温度场 $t=f(x,\tau)$ 中的传热问题。在一维稳定温度场中，温度仅沿一个方向（如围护结构的厚度方向）发生变化；而在一维不稳定温度场中，温度不仅沿一个方向发生变化，而且各点的温度还随着时间发生改变。

（三）等温面

温度场中同一时刻由温度相同的各点相连所形成的面。使用等温面可以形象地表示温度场内的温度分布（图 17-1）。

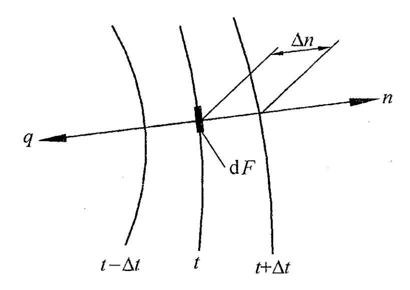


图 17-1　等温面示意图

不同温度的等温面绝对不会相交。

（四）温度梯度

温度差 Δt 与沿法线方向两个等温面之间距离 Δn 的比值的极限叫作温度梯度。表示为：

$$\lim_{\Delta n \to 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \frac{\partial t}{\partial n} \tag{17-2}$$

（五）热流密度（热流强度）

热流密度是在单位时间内，通过等温面上单位面积的热量，单位为 W/m^2。若单位时间通过等温面上微元面积 dF 的热量为 dQ，则热流密度定义式为：

$$q = \frac{dQ}{dF} \tag{17-3}$$

（六）围护结构

分隔建筑室内与室外，以及建筑内部使用空间的建筑部件。如墙、窗、门、屋面、楼板、地板等。

围护结构可分为外围护结构（分隔室外和室内）和内围护结构（分隔内部空间）。通常，不特殊注明时，围护结构即指外围护结构。

围护结构还可分为透光围护结构（玻璃幕墙、窗户和天窗）和非透光围护结构（墙、屋面和楼板等）。

（七）平壁

平壁意即不考虑周边构造的墙体、楼板、屋面板等多层板壁。

（八）热桥

围护结构中热流强度显著增大的部位。如围护结构“平壁”周边的构造节点。

（九）围护结构单元

围护结构由围护结构平壁及其周边梁、柱等节点共同组成。

整栋建筑的外围护结构可以分解为多个平面，每个平面还可细分为若干个围护结构单元。非透光围护结构单元由平壁与窗、阳台、屋面板、楼板、地板以及其他墙体连接部位的构造节点组成。

二、传热的基本方式

根据传热机理的不同，传热的基本方式分为导热、对流和辐射。

（一）导热（热传导）

导热指物体中有温差时由于直接接触的物质质点作热运动而引起的热能传递过程。

1. 傅里叶定律

傅里叶定律指出，均质材料物体内各点的热流密度与温度梯度成正比，即：

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \tag{17-4}$$

式中　λ——材料的导热系数。

由于热量传递的方向（由高温向低温）和温度梯度的方向（由低温向高温）相反，因此，上式中用负号表示。

注意，傅里叶定律在不同的温度场中可以有其形式不同的表达式。

2. 材料的导热系数

导热系数是表征材料导热能力大小的物理量，单位为 $W/(m \cdot K)$。它的物理意义是，

当材料层厚度为 1m，材料层两表面的温差为 1K 时，在单位时间内通过 $1m^2$ 截面积的导热量。

材料的导热系数可查阅有关的建筑材料热工指标表获得，应该熟悉经常使用的建筑材料的导热系数。各种材料导热系数 λ 的大致范围是：

气体：0.006～0.6；

液体：0.07～0.7；

建筑材料和绝热材料：0.025～3；

金属：2.2～420。

（二）对流

对流指由流体（液体、气体）中温度不同的各部分相互混合的宏观运动而引起的热传递现象。

由于引起流体流动的动力不同，对流的类型可分为：

（1）自由对流：由温度差形成的对流。

（2）受迫对流：由外力作用形成的对流。受迫对流在传递热量的强度方面要大于自由对流。

（三）辐射

辐射指物体表面对外发射热射线在空间传递能量的现象。凡是温度高于绝对零度（0K）的物体都能发射辐射能。

1. 物体对外来辐射的反射、吸收和透射（图 17-2）

（1）反射系数 r_h：被反射的辐射能 I_r 与入射辐射能 I_0 的比值。

$$r_h = \frac{I_r}{I_0} \tag{17-5}$$

（2）吸收系数 ρ_h：被吸收的辐射能 I_α 与入射辐射能 I_0 的比值。

$$\rho_h = \frac{I_\alpha}{I_0} \tag{17-6}$$

（3）透射系数 τ_h：被透射的辐射能 I_τ 与入射辐射能 I_0 的比值。

$$\tau_h = \frac{I_\tau}{I_0} \tag{17-7}$$

显然：

$$r_h + \rho_h + \tau_h = 1 \tag{17-8}$$

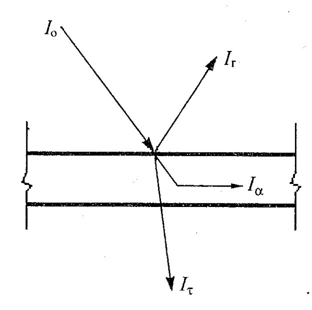


图 17-2　物体对外来辐射的反射、吸收和透射

2. 白体、黑体和完全透热体

（1）白体（绝对白体）：能将外来辐射全部反射的物体，$r_h=1$。

（2）黑体（绝对黑体）：能将外来辐射全部吸收的物体，$\rho_h=1$。

（3）完全透热体：能将外来辐射全部透过的物体，$\tau_h=1$。

3. 物体表面的辐射本领

（1）全辐射力 E（辐射本领，全辐射本领）：在单位时间内，从单位表面积上以波长 0～∞的全波段向半球空间辐射的总能量，单位：W/m^2。

（2）单色辐射力 E_λ（单色辐射本领）：在单位时间内，从单位表面积向半球空间辐射出的某一波长的能量，单位：W/（m^2 · μm）。

（3）灰体：如果一个物体在每一波长下的单色辐射力与同温度、同波长下黑体的单色辐射力的比值为一常数，这个物体称为灰体。

一般建筑材料均可看作为灰体。

（4）非灰体（选择性辐射体）：物体的单色辐射力与黑体、灰体截然不同，有的只能发射某些波长的辐射能量。

（5）黑度 ε（辐射率）：灰体的辐射本领 E_λ 与同温度下黑体的辐射本领 $E_{\lambda,b}$的比值。

$$\varepsilon = \frac{E_\lambda}{E_{\lambda,b}} \tag{17-9}$$

4. 辐射本领的计算（斯蒂芬一波耳兹曼定律）

（1）黑体的辐射能力 E_b

$$E_b = \sigma_b \cdot T_b^4 = C_b \cdot \left(\frac{T_b}{100}\right)^4 \tag{17-10}$$

式中 T_b——黑体的绝对温度，K。

σ_b——黑体辐射常数，5.68×10^{-8}W/(m^2 · K^4)。

C_b——黑体辐射系数，5.68W/(m^2 · K^4)。

（2）灰体的辐射能力 E

$$E = \varepsilon \cdot \sigma_b \cdot T^4 = C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \tag{17-11}$$

式中 T——灰体的绝对温度，K；

C——灰体辐射系数，W/(m^2 · K^4)；

ε——灰体的黑度。

5. 影响材料吸收率、反射率、透射率的因素

材料吸收率、反射率、透射率与外来辐射的波长、材料的颜色、材性、材料的光滑和平整程度有关。

注意，材料表面对外来辐射的反射、吸收和透射能力与外来辐射的波长有密切的关系。根据克希荷夫定律，在给定表面温度下，表面的辐射率（黑度）与该表面对来自同温度的投射辐射的吸收系数在数值上相等。

物体对不同波长的外来辐射的反射能力不同，对短波辐射，颜色起主导作用；但对长波辐射，材性（导体还是非导体）起主导作用。例如，在阳光下，黑色物体与白色物体的反射能力相差很大，白色反射能力强；而在室内，黑、白物体表面的反射能力相差极小。

常温下，一般材料对辐射的吸收系数可取其黑度值，而对来自太阳的辐射，材料的吸收系数并不等于物体表面的黑度。

玻璃作为建筑常用的材料属于选择性辐射体，其透射率与外来辐射的波长有密切的关系。易于透过短波而不易透过长波是玻璃建筑具有温室效应的原因。

6. 辐射换热

两表面间的辐射换热量主要与表面的温度、表面发射和吸收辐射的能力、表面的几何

尺寸与相对位置有关。

在不计两表面之间的多次反射，仅考虑第一次吸收的前提下，任意两表面的辐射换热量的通式为：

$$q_{1-2} = \alpha_r(\theta_1 - \theta_2) \tag{17-12}$$

式中　q_{1-2}——辐射换热热流密度，W/m^2；

θ_1——表面 1 的温度，K；

θ_2——表面 2 的温度，K；

α_r——辐射换热系数，$W/(m^2 \cdot K)$。

辐射换热系数 α_r 取决于表面的温度、表面发射和吸收辐射的能力、表面的几何尺寸与相对位置。

三、围护结构的传热过程

（一）围护结构的传热过程

通过围护结构的传热要经过三个过程（图 17-3）：

（1）表面吸热：内表面从室内吸热（冬季）或外表面从室外空间吸热（夏季）。

（2）结构本身传热：热量由结构的高温表面传向低温表面。

（3）表面放热：外表面向室外空间放热（冬季）或内表面向室内空间放热（夏季）。

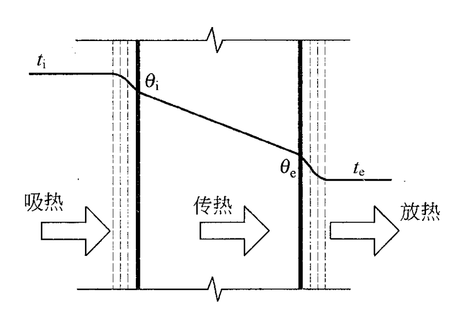


图 17-3　围护结构的传热过程

（二）表面换热

热量在围护结构的内表面和室内空间或在外表面和室外空间进行传递的现象称为表面换热。

表面换热由对流换热和辐射换热两部分组成。

1. 对流换热

对流换热是指流体与固体壁面在有温差时产生的热传递现象。它是对流和导热综合作用的结果。如墙体表面与空气间的热交换。

对流换热热流密度 q_c 按式（17-13）计算：

$$q_c = \alpha_c(\theta - t) \tag{17-13}$$

式中　α_c——对流换热系数，$W/(m^2 \cdot K)$；

θ——固体壁面温度，K；

t——流体主体部分温度，K。

在建筑热工中，对流换热系数主要与气流的状况、结构所处的部位、壁面状况和热流方向有关。

2. 表面换热系数和表面换热阻

（1）表面换热系数 α

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_r \tag{17-14}$$

内表面的换热系数使用 α_i 表示，$W/(m^2 \cdot K)$；

外表面的热转移系数使用 α_e 表示，$W/(m^2 \cdot K)$。

（2）表面换热阻 R

$$R=\frac{1}{\alpha} \tag{17-15}$$

内表面的换热阻使用 R_i 表示，$(m^2 \cdot K)/W$；

外表面的换热阻使用 R_e 表示，$(m^2 \cdot K)/W$。

内、外表面换热系数和表面换热阻见后面的表 17-2、表 17-3。

四、湿空气

（一）湿空气、未饱和湿空气与饱和湿空气

湿空气是干空气和水蒸气的混合物。

在温度和压力一定的条件下，一定容积的干空气所能容纳的水蒸气量是有限度的，湿空气中水蒸气含量未达到这一限度时叫未饱和湿空气，达到限度时叫饱和湿空气。

（二）空气湿度

空气湿度是表示空气干湿程度的物理量。在表示空气的湿度时，可使用以下方式。

1. 绝对湿度

绝对湿度是每立方米空气中所含水蒸气的质量，单位为 g/m^3。

未饱和湿空气的绝对湿度用符号 f 表示，饱和湿空气的绝对湿度用 f_{max}表示。

2. 水蒸气分压力 P

湿空气中含有的水蒸气所呈现的压力称为水蒸气分压力，单位为 Pa。

未饱和湿空气的水蒸气分压力用符号 P 表示，饱和蒸汽压用 P_s 表示。

标准大气压下，不同温度对应的饱和蒸汽压值可查表取得。温度越高，饱和蒸汽压值越大。

3. 相对湿度

一定温度、一定大气压力下，湿空气的绝对湿度 f 与同温、同压下的饱和空气绝对湿度 f_{max}的百分比称为湿空气的相对湿度。

相对湿度的计算：

$$\varphi=\frac{f}{f_{max}}\times 100\% \tag{17-16}$$

$$\varphi=\frac{P}{P_s}\times 100\% \tag{17-17}$$

式中　f、f_{max}——湿空气的绝对湿度和同温度下饱和湿空气的绝对湿度，g/m^3；

P、P_s——湿空气的水蒸气分压力和同温度下湿空气的饱和蒸汽压，Pa。

（三）露点温度

在不改变水蒸气含量的前提下，未饱和湿空气冷却至饱和状态时所对应的温度叫露点温度。露点温度用 t_d 表示。

露点温度可用来判断围护结构内表面是否结露。当围护结构内表面的温度低于露点温度时，内表面将产生结露。

（四）湿球温度

湿球温度是指在干湿球温度计中由水银球用潮湿纱布包裹的湿球温度计所测量的温度。它与干球温度配合可以测量空气的相对湿度。

例 17-1 （2010） 在一个密闭的空间里，下列哪种说法正确？

A 空气温度变化与相对湿度变化无关

B 空气温度降低，相对湿度随之降低

C 空气温度升高，相对湿度随之升高

D 空气温度升高，相对湿度随之降低

提示： 在一个密闭的空间里，湿空气中的水蒸气含量保持不变，即水蒸气的分压力不变；当空气温度升高时，该空气的饱和蒸汽压随之升高，因此空气的相对湿度随之降低。

答案： D

第二节 热 环 境

一、室外热环境（室外气候）

室外热环境是指作用在外围护结构上的一切热物理量的总称，是由太阳辐射、大气温度、空气湿度、风、降水等因素综合组成的一种热环境。建筑物所在地的室外热环境通过外围护结构将直接影响室内环境，为使所设计的建筑能创造良好的室内热环境，必须了解当地室外热环境的变化规律及特征，以此作为建筑热工设计的依据。与室外热环境密切相关的主要因素如下：

（一）太阳辐射

（1）太阳辐射能是地球上热量的基本来源，是决定室外热环境的主要因素。

（2）太阳辐射的组成：

到达地球表面的太阳辐射分为两个部分，一部分是太阳直接射达地面的部分，称为直射辐射；另一部分是经过大气层散射后到达地面的部分，称为散射辐射。

（3）太阳常数：

在太阳与地球的平均距离处，垂直于入射光线的大气界面单位面积上的辐射热流密度。

天文太阳常数（理论计算值）：$I_0=1395.6\text{W/m}^2$。

气象太阳常数（实测分析值）：$I_0=1256\text{W/m}^2$。

（4）影响太阳辐射照度的因素：

大气中射程的长短，太阳高度角，海拔高度，大气质量。

（5）太阳光谱：

太阳辐射能量主要分布在紫外线、可见光和红外线区域，其中 97.8%是短波辐射，所以太阳辐射属于短波辐射。

（二）室外气温

1. 室外气温

指距地面 1.5m 处百叶箱内的空气温度。

2. 变化规律

室外气温由于受到太阳辐射的影响，它的年变化、日变化规律都是周期性的。

（1）年变化规律：由地球围绕太阳公转引起，形成一年四季气温变化，北半球最高气温出现在7月（大陆）或8月（沿海、岛屿），最低气温出现在1月或2月。

（2）日变化规律：由地球自转引起。日最低气温出现在6：00～7：00左右。日最高气温出现在14：00左右。

（三）空气湿度

1. 湿度

空气中水蒸气的含量。可用绝对湿度或相对湿度表示，通常使用相对湿度表示空气的湿度。

2. 变化规律

一般来说，某一地区在一定时间内，空气的绝对湿度变化不大，但由于空气温度的变化，使得空气中饱和水蒸气压随之变化，从而导致相对湿度变化强烈。

（1）年变化规律：最热月相对湿度最小，最冷月相对湿度最大，季风区例外。

（2）日变化规律：晴天时，日相对湿度最大值出现在4：00～5：00，日相对湿度最小值出现在13：00～15：00。

（四）风

1. 风

指由大气压力差所引起的大气水平方向的运动。

2. 风的类型

（1）大气环流：由于太阳辐射热在地球上照射不均匀，使得赤道和两极之间出现温差，从而引起大气在赤道和两极之间产生活动，即为大气环流。

（2）地方风：局部地区受热不均引起的小范围内的大气流动。如海陆风、山谷风、林原风等。

3. 风的特性

（1）风向：风吹来的地平方向为风向。可使用四方位东（E）、南（S）、西（W）、北（N）表示，细分则使用八方位，即在上述四方位中增加东南（SE）、东北（NE）、西南（SW）、西北（NW），甚至使用十六方位表示。

风向频率图（风向玫瑰图）是一定时间内在各方位刮风频率的统计图，可由此了解当地的风向，尤其是不同季节的主导风向。

（2）风速：单位时间内风前进的距离，单位为m/s。气象学上根据风速将风分为十二级。

（五）降水

1. 降水

从大地蒸发出来的水蒸气进入大气层，经过凝结后又降到地面上的液态或固态的水分。如雨、雪、雹都属降水现象。

2. 降水的性质

（1）降水量：降落到地面的雨以及雪、雹等融化后，未经蒸发或渗透流失而累积在水平面上的水层厚度。单位：mm。

（2）降水强度：单位时间（24h）内的降水量，单位：mm/d。

根据降水强度，可将降水划分如下：

小雨：＜10mm；

中雨：10～25mm；

大雨：25～50mm；

暴雨：50～100mm。

二、中国建筑热工设计分区

我国幅员辽阔，地形复杂，各地由于纬度、地势和地理条件的不同，气候差异悬殊。不同的气候条件对房屋建筑提出的要求不同，为使建筑能够充分利用和适应本地的气候条件，《热工规范》将我国的热工设计分区分为两个级别，即一级分区和二级分区。

热工设计一级分区沿用了原规范划分的 5 个气候分区，区划指标和热工设计原则不变（表 17-1）；在进行设计时，应满足不同分区的热工设计要求。

热工设计一级区划的地理划分还可从《热工规范》的“全国建筑热工设计一级区划”图中得到更加明确的了解。

建筑热工设计一级区划指标及设计原则　　表 17-1

一级区划名称	区划指标		设计原则
	主要指标	辅助指标	
严寒地区（1）	$t_{\min\cdot m}\leqslant -10℃$	$145\leqslant d_{\leqslant 5}$	必须充分满足冬季保温要求，一般可以不考虑夏季防热
寒冷地区（2）	$-10℃<t_{\min\cdot m}\leqslant 0℃$	$90\leqslant d_{\leqslant 5}<145$	应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热
夏热冬冷地区（3）	$0℃<t_{\min\cdot m}\leqslant 10℃$ $25℃<t_{\max\cdot m}\leqslant 30℃$	$0\leqslant d_{\leqslant 5}<90$ $40\leqslant d_{\geqslant 25}<110$	必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温
夏热冬暖地区（4）	$10℃<t_{\min\cdot m}$ $25℃<t_{\max\cdot m}\leqslant 29℃$	$100\leqslant d_{\geqslant 25}<200$	必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温
温和地区（5）	$0℃<t_{\min\cdot m}\leqslant 13℃$ $18℃<t_{\max\cdot m}\leqslant 25℃$	$0\leqslant d_{\leqslant 5}<90$	部分地区应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热

热工设计二级分区的提出是由于每个一级分区的区划面积太大，在同一分区中的不同地区往往出现温度差别很大，冷热持续时间差别也很大的情况，采用相同的设计要求显然是不合适的。为此，修订后的规范采用了“细分子区”的做法，采用“HDD18，CDD26”作为区划指标，将各一级分区再进行细分为热工设计二级分区（表 17-2），这样划分既表征了该地气候寒冷和炎热的程度，又反映了寒冷和炎热持续时间的长短。

建筑热工设计二级区划指标及设计原则　　表 17-2

二级区划名称	区划指标		设计要求
严寒 A 区（1A）	$6000\leqslant HDD18$		冬季保温要求极高，必须满足保温设计要求，不考虑防热设计
严寒 B 区（1B）	$5000\leqslant HDD18<6000$		冬季保温要求非常高，必须满足保温设计要求，不考虑防热设计
严寒 C 区（1C）	$3800\leqslant HDD18<5000$		必须满足保温设计要求，可不考虑防热设计
寒冷 A 区（2A）	$2000\leqslant HDD18<3800$	$CDD26\leqslant 90$	应满足保温设计要求，可不考虑防热设计
寒冷 B 区（2B）		$CDD26>90$	应满足保温设计要求，宜满足隔热设计要求，兼顾自然通风、遮阳设计

续表

二级区划名称	区划指标		设计要求
夏热冬冷 A 区（3A）	$1200 \leqslant HDD18 < 2000$		应满足保温、隔热设计要求，重视自然通风、遮阳设计
夏热冬冷 B 区（3B）	$700 \leqslant HDD18 < 1200$		应满足隔热、保温设计要求，强调自然通风、遮阳设计
夏热冬暖 A 区（4A）	$500 \leqslant HDD18 < 700$		应满足隔热设计要求，宜满足保温设计要求，强调自然通风、遮阳设计
夏热冬暖 B 区（4B）	$HDD18 < 500$		应满足隔热设计要求，可不考虑保温设计，强调自然通风、遮阳设计
温和 A 区（5A）	$CDD26 < 10$	$700 \leqslant HDD18 < 2000$	应满足冬季保温设计要求，可不考虑防热设计
温和 B 区（5B）		$HDD18 < 700$	宜满足冬季保温设计要求，可不考虑防热设计

《热工规范》以表格的形式提供了全国 354 个主要城镇的热工设计区属及室外气象参数（见《热工规范》表 A.0.1）。凡表中没有涉及的城镇，均可另行选择参考城镇（见《热工规范》表 A.0.2）并引用其相应的气象参数。根据行业标准《建筑气象参数标准》JGJ 35—87，当建设地点与拟引用数据的气象台水平距离在 50km 以内、海拔高差在 100m 以内时可直接引用。

例 17-2 （2014）根据建筑物所在地区的气候条件的不同，对建筑热工设计的要求判断错误的是（　　）。

A　严寒地区：必须充分满足冬季保温要求，一般可不考虑夏季防热

B　寒冷地区：应满足冬季保温要求，一般不考虑夏季防热

C　夏热冬冷地区：必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温

D　夏热冬冷地区：必须满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温

提示：《热工规范》规定，寒冷地区的热工设计应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热。

答案：B

三、室内热环境（室内气候）

室内热环境是指由室内空气温度、空气湿度、室内风速及平均辐射温度（室内各壁面温度的当量温度）等因素综合组成的一种热物理环境。

（一）决定室内热环境的物理客观因素

决定室内热环境的物理客观因素有室内的空气温度、空气湿度、室内风速及壁面的平均辐射温度。

室内热环境的好坏通常受到室外热环境、室内热环境设备（如空调器、加热器等）、室内其他设备（如灯具、家用电器）的影响。

（二）对室内热环境的要求

房间的使用性质不同，对其内部的热环境要求也不相同。以满足人体生理卫生需要为主的房间（如居住建筑、公共建筑和一般生产房间），其室内热环境是要保证人的正常生活和工作，以维护人体的健康。

1. 人体的热感觉

室内热环境对人体的影响主要表现在人的冷热感。人体的冷热感取决于人体新陈代谢产生的热量和人体向周围环境散热量之间的平衡关系，人体热平衡方程表示如下：

$$\Delta q = q_m - q_e \pm q_c \pm q_r \tag{17-18}$$

式中 q_m——人体产热量，主要取决于人体的新陈代谢率及对外做机械功的效率，W；

q_c——人体与周围空气的对流换热量，W；

q_r——人体与环境间的辐射换热量，W；

q_e——人体蒸发散热量，W。

当 $\Delta q=0$，体温恒定不变；$\Delta q>0$，体温上升；$\Delta q<0$，体温下降。

2. 热舒适

热舒适是指人对环境的冷热程度感觉满意，不因冷或热感到不舒适。满足热舒适的条件是：

（1）必要条件：$\Delta q=0$；

（2）充分条件：皮肤温度处于舒适的温度范围内，汗液蒸发率处于舒适的蒸发范围内。

室内热环境可分为舒适、可以忍受和不能忍受三种情况，只有采用充分空调设备的房间才能实现舒适的要求，对大多数建筑而言，应以保证人体健康不受损害为准，确定对室内热环境的要求，在可能的条件下，尽可能改善室内热环境。

（三）室内热环境的评价方法

1. 单一指标

使用室内空气温度作为热环境评价指标。目前，我国很多设计规范和标准均以其为控制指标。例如，对冬季采暖的室内设计温度，规范规定居住建筑为18℃，托幼建筑为20℃。这种方法简单、方便，但不很完善。

目前，综合多种因素进行室内热环境评价的指标有有效温度和PMV指标。

2. 有效温度

有效温度ET（Effective Temperature）是依据半裸的人与穿夏季薄衫的人在一定条件的环境中所反应的瞬时热感觉作为决定各项因素综合作用的评价标准，是室内气温、相对湿度和空气速度在一定组合下的综合指标。由于该指标使用简单，在对不同的环境和空调方案进行比较时得到了广泛的应用。它的缺陷是没有考虑热辐射变化的影响，在评价环境时有时难免出现一定的偏差，因此后来又出现了新有效温度等指标。

3. PMV指标

PMV（Predicted Mean Vote）指标是全面反映室内各气候要素对人体热感觉影响的综合评价方法。

PMV指标是在丹麦工业大学微气候实验室和美国堪萨斯州立大学环境实验室做了大量试验工作后，由丹麦学者房格尔教授（P. O. Fanger）提出的，是迄今为止考虑人体热舒适感诸多有关因素最全面的评价指标，于20世纪80年代初得到国际标准化组织ISO的承认。PMV指标与评价方法包括PMV指标与预测不满意百分率PPD两方面的内容。它是以房格尔教授的热舒适方程为基础，导出PMV指标与影响人体热舒适的6个要素之间的定量关系，即：

$$\mathrm{PMV} = f(t_i, \varphi_i, t_p, u, m, R_{cl}) \tag{17-19}$$

式中　t_i——室内空气温度，℃；

φ_i——室内空气相对湿度；

t_p——平均辐射温度，℃；

u——室内空气速度，m/s；

m——与人体活动强度有关的新陈代谢率，W/m^{2}或 met；

R_{cl}——人体衣服热阻，clo。

因此，在已知室内气温、相对湿度、空气速度、平均辐射温度、人体活动强度与衣着的条件下，可以通过计算 PMV 指标预测出多数人对某一热环境的舒适程度的反应，同时建立起 PMV 指标系统，将人体的热感觉划分为 7 个等级如下：

+3	+2	+1	0	−1	−2	−3
热	暖	稍暖	舒适	稍凉	凉	冷

由此可根据 PMV 指标值定量评价室内热环境质量的优劣。

第三节　建筑围护结构的传热原理及计算

一、稳定传热

在稳定温度场中所进行的传热过程称为稳定传热。

（一）一维稳定传热的特点

1. 特点 1：通过平壁内各点的热流强度处处相等；

2. 特点 2：同一材质的平壁内部各界面温度分布呈直线关系。

（二）通过平壁的稳定导热

1. 通过单一匀质材料层的稳定导热

$$q=\frac{\theta_i-\theta_e}{R}=\frac{\theta_i-\theta_e}{\frac{\delta}{\lambda}} \tag{17-20}$$

式中　θ_i——单一匀质材料层内表面温度，℃；

θ_e——单一匀质材料层外表面温度，℃；

δ——单一匀质材料层厚度，m；

λ——材料的导热系数［W/(m·K)］，见《热工规范》附录 B 表 B.1；

R——单一匀质材料层的热阻，(m^2·K)/W。

$$R=\frac{\delta}{\lambda} \tag{17-21}$$

2. 通过多层匀质材料层的稳定导热（图 17-4）

在稳定传热条件下，通过多层匀质材料层的热流强度为：

$$q=\frac{\theta_i-\theta_e}{R_1+R_2+\cdots+R_n} \tag{17-22}$$

式中　θ_i——多层平壁内表面的温度，℃；

θ_e——多层平壁外表面的温度，℃；

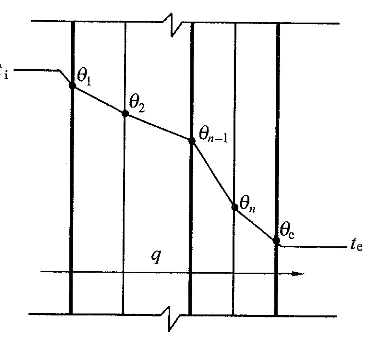


图 17-4　通过多层平壁稳定传热

R_1、R_2、…、R_n——各材料层的热阻［$(m^2 \cdot K)/W$］，当某一材料层为封闭的空气间层，可查《热工规范》附录 B.3 的表 B.3 确定。

例 17-3 多层材料组成的复合外墙墙体中，某层材料的热阻值取决于(　　)：

A 该层材料的厚度和密度　　B 该层材料的密度和导热系数

C 该层材料的厚度和导热系数　　D 该层材料位于墙体的内侧或外侧

提示：材料层的导热热阻 $R=d/\lambda$，它与材料层的厚度 d 和材料的导热系数 λ 均有关。

答案：C

3. 通过平壁的稳定传热

(1) 通过多层平壁的热流强度为：

$$q=\frac{t_i-t_e}{R_i+\sum_{j=1}^{n}R_j+R_e}=\frac{t_i-t_e}{R_0} \tag{17-23}$$

式中 t_i——室内温度，℃；

t_e——室外温度，℃；

R_0——围护结构的传热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

n——多层平壁的材料层数。

(2) 围护结构平壁的传热阻

传热阻是围护结构本身加上两侧空气边界层作为一个整体的阻抗传热能力的物理量。它是衡量围护结构在稳定传热条件下的一个重要的热工性能指标，单位：$(m^2 \cdot K)/W$。

$$R_0=R_i+\sum_{j=1}^{n}R_j+R_e \tag{17-24}$$

式中 R_0——围护结构的传热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

R_j——围护结构第 j 层材料的热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；当构造为非匀质复合围护结构时，需计算其 $\overline{R}$；

R_i——内表面的换热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

R_e——外表面的换热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

n——多层平壁的材料层数。

典型工况围护结构内、外表面的换热系数和换热阻可按表 17-3、表 17-4 取值。

3000m 以上的高海拔地区，围护结构内表面的换热阻和换热系数应另按《热工规范》附录 B 的表 B.4.2-1 的规定取值，外表面的换热阻和换热系数按表 B.4.2-2 的规定取值。

内表面换热系数和内表面换热阻　　表 17-3

适用季节	表面特征	α_i [W/(m²·K)]	R_i [(m²·K)/W]
冬季和夏季	墙面、地面、表面平整或有肋状突出物的顶棚，当 $h/s \leq 0.3$ 时	8.7	0.11
	有肋状突出物的顶棚，当 $h/s > 0.3$ 时	7.6	0.13

外表面换热系数和外表面换热阻 **表 17-4**

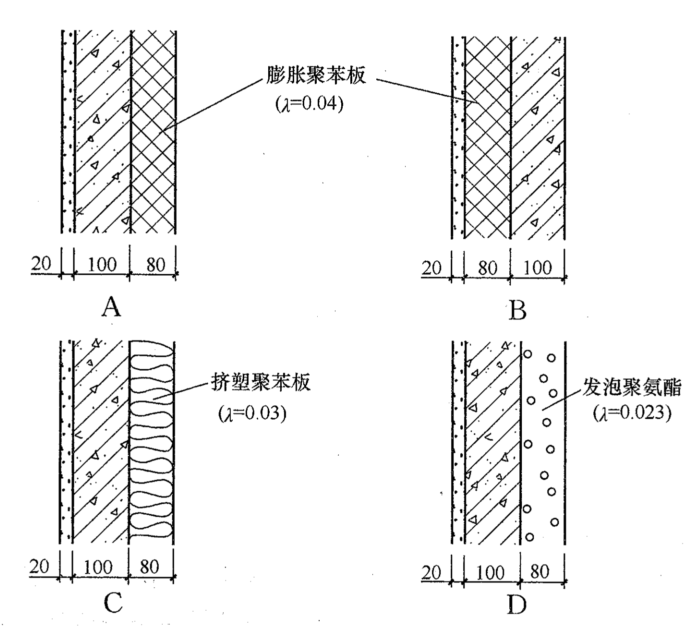
适用季节	表 面 特 征	α_i [W/(m²·K)]	R_i [(m²·K)/W]
冬季	外墙、屋顶、与室外空气直接接触的地面	23.0	0.04
	与室外空气相通的不采暖地下室上面的楼板	17.0	0.06
	闷顶、外墙上有窗的不采暖地下室上面的楼板	12.0	0.08
	外墙上无窗的不采暖地下室上面的楼板	6.0	0.17
夏季	外墙、屋顶	19.0	0.05

（3）围护结构平壁的传热系数 K_0

传热系数为当围护结构两侧温差为 1K（1℃）时，在单位时间内、通过单位面积的传热量。用传热系数也能说明围护结构在稳定传热条件下的热工性能，单位：W/(m²·K)。

$$K_0 = \frac{1}{R_0} \tag{17-25}$$

例 17-4 **(2010)** 图中多层材料组成的复合墙体，哪种做法复合墙体的传热阻最大？



提示： 围护结构传热阻的计算公式为 $R_0 = R_i + \sum R + R_e$。其中 R_i、R_e 为内、外表面换热阻，是常数；$\sum R$ 为组成围护结构各材料层的导热热阻之和，可用导热热阻计算公式 $R = d/\lambda$ 计算各材料层的热阻后相加而成。在所示 4 种复合墙体中，除了保温材料层外，其余两个材料层的厚度和材料完全相同，因此，保温材料层热阻最大的那种复合墙体的传热阻最大。在保温层厚度相同的情况下，导热系数最小的保温材料层的热阻最大。

答案： D

4. 封闭空气间层的热阻

（1）封闭空气间层的传热机理

封闭空气间层的传热过程与固体材料层内的不同，它实际上是在一个有限空间内的两个表面之间的热转移过程，包括对流换热和辐射换热，而非纯导热过程，所以封闭空气间层的热阻与间层厚度之间不存在成比例的增长关系。

（2）影响封闭空气间层热阻的因素

封闭空气间层的热阻与间层表面温度 θ、间层厚度 δ、间层放置位置（水平、垂直或倾斜）、热流方向及间层表面材料的辐射率有关（图 17-5）。

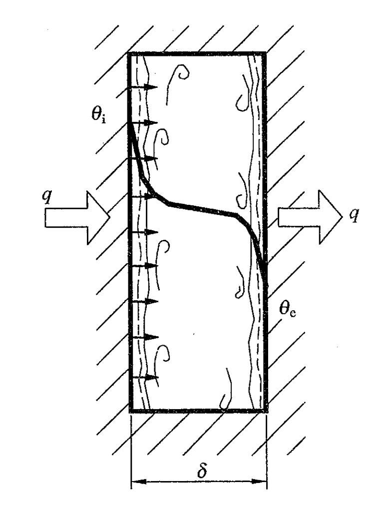


图 17-5　垂直封闭空气间层的传热过程

（3）封闭空气间层热阻的确定

《热工规范》在附录 B. 3 的表 B. 3 中提供了封闭空气间层的热阻。该表参考了 ASHRAE 标准中的相关内容，表中数据的计算和来源可参考原标准中的注释。该表允许在平均温度、温差、辐射率、空气层厚度每个值之间内插；空气层厚度大于 90mm 时，适当的外插也是允许的。

需要注意的是，封闭空气间层的热阻与厚度不成比例，并且在厚度超过 20mm 以后热阻变化不大。

例 17-5　（2006） 为了增大热阻，决定在图 17-6 所示构造中贴两层铝箔，下列哪种方案最有效？

A　贴在 A 面和 B 面

B　贴在 A 面和 C 面

C　贴在 B 面和 C 面

D　贴在 A 面和 D 面

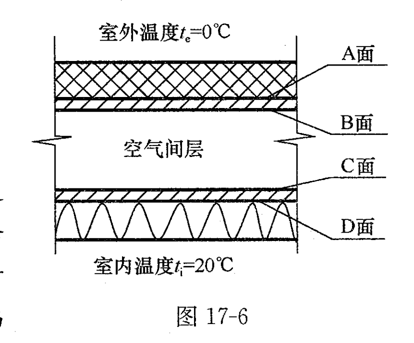


图 17-6

提示： 由于空气间层的辐射换热所占用比例达 70%，因此在封闭空气间层内贴上铝箔可大幅度降低间层表面的黑度，达到有效减少空气间层的辐射换热、增加热阻的目的。鉴于封闭空气间层内的辐射换热发生在 B 面和 C 面之间，所以两层铝箔应该分别贴在 B 面和 C 面上。

答案： C

5. 通过非匀质复合围护结构的热阻 $\overline{R}$

由两种以上材料构成的同一材料层称为非匀质材料层。由两种以上材料组成的、二（三）向非匀质复合围护结构的热阻应分别按照以下两种情况计算平均热阻（图 17-7）。

（1）当非匀质复合围护结构相邻部分的热阻比值小于 1.5 时：

$$\overline{R}=\frac{R_{ou}+F_{ol}}{2}-(R_i+R_e) \tag{17-26}$$

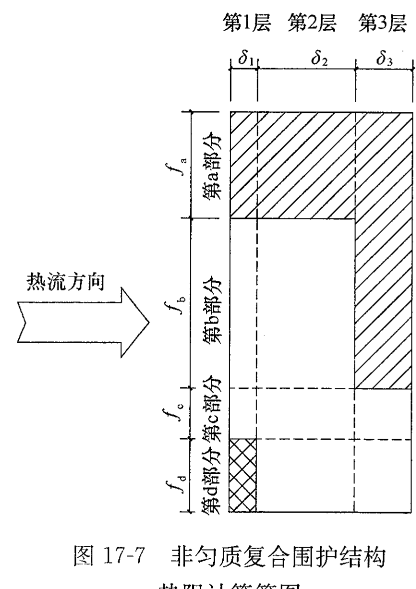


图 17-7 非匀质复合围护结构热阻计算简图

$$R_{ou}=\frac{1}{\frac{f_a}{R_{oua}}+\frac{f_b}{R_{oub}}+\cdots\cdots+\frac{f_q}{R_{ouq}}} \tag{17-27}$$

$$R_{ol}=R_i+R_1+R_2+\cdots\cdots+R_j+\cdots\cdots+R_n+R_e \tag{17-28}$$

$$R_j=\frac{1}{\frac{f_a}{R_{aj}}+\frac{f_b}{R_{bj}}+\cdots\cdots+\frac{f_q}{R_{qj}}} \tag{17-29}$$

式中 f_a，f_b，……f_q——与热流平行方向各部分面积占总面积的百分比；

R_{oua}，R_{oub}，……R_{ouq}——与热流平行方向各部分的传热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

R_1，R_2，……R_j……R_n——与热流垂直方向各层的热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

R_{aj}，R_{bj}，……R_{qj}——与热流垂直方向第 j 层各部分的热阻 $(m^2 \cdot K)/W$。

（2）当非匀质复合围护结构相邻部分的热阻比值大于 1.5 时：

$$\overline{R}=\frac{1}{K_m}-(R_i+R_e) \tag{17-30}$$

式中 K_m——非匀质复合围护结构平均传热系数，$W/(m^2 \cdot K)$。

6. 围护结构单元的平均传热系数

由于围护结构单元的组成包括围护结构平壁和与其连接在一起的构造节点，因此，围护结构单元的平均传热系数除了考虑平壁外，还必须考虑其周围热桥部位的影响：

$$K_m=K+\frac{\sum \varphi_j l_j}{A} \tag{17-31}$$

式中 K_m——围护结构单元的平均传热系数，$W/(m^2 \cdot K)$；

K——围护结构平壁的传热系数，$W/(m^2 \cdot K)$；

φ_j——围护结构上的第 j 个结构性热桥的线传热系数 $[W/(m \cdot K)]$，应按《热工规范》第 C. 2 节的规定计算；

l_j——围护结构第 j 个结构性热桥的计算长度，m；

A——围护结构的面积，m^2。

7. 结构性热桥的线传热系数 ψ

在建筑外围护结构中形成的结构性热桥对墙体、屋面传热的影响用线传热系数 ψ 描述。图 17-8 表示了围护结构中各种类型的结构性热桥。

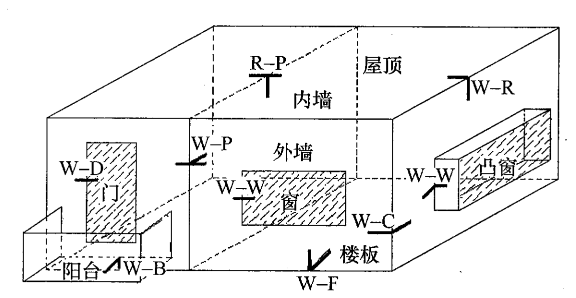


图 17-8 建筑外围护结构的结构性热桥示意
W-D 外墙-门；W-B 外墙-阳台板；W-P 外墙-内墙；W-W 外墙-窗；W-F 外墙-楼板；W-C 外墙角；W-R 外墙-屋顶；R-P 屋顶-内墙

热桥线传热系数应按下式计算：

$$\psi=\frac{Q^{2D}-KA(t_i-t_e)}{l(t_i-t_e)}=\frac{Q^{2D}}{l(t_i-t_e)}-KC \tag{17-32}$$

式中 ψ——热桥线传热系数，W/(m·K)；

Q^{2D}——二维传热计算得出的流过一块包含热桥的围护结构的传热量（W），该围护结构的构造沿着热桥的长度方向必须是均匀的，传热量可以根据其横截面（对纵向热桥）或纵截面（对横向热桥）通过二维传热计算得到；

K——围护结构平壁的传热系数，W/(m²·K)；

A——计算 Q^{2D}的围护结构的面积，m²；

t_i——围护结构室内侧的空气温度，℃；

t_e——围护结构室外侧的空气温度，℃；

l——计算 Q^{2D}的围护结构的长度，热桥沿这个长度均匀分布，计算 ψ时，l 宜取 1m；

C——计算 Q^{2D}的围护结构的宽度，即 $A=l\cdot C$，可取 $C\geqslant 1$m。

当围护结构中两个平行热桥之间的距离很小时，应将两个平行热桥合并，同时计算两个平行热桥的线传热系数。

（三）平壁内的温度分布（图 17-9）

在稳定导热中，同一材料层内任意一点的温度为：

$$\theta_x=\theta_1-\frac{q}{\lambda}\cdot x \tag{17-33}$$

式中 θ_1——围护结构内表面温度，℃；

θ_x——厚度为 x 处的温度，℃；

x——任意一点至界面 1 的距离，m；

q——通过平壁的导热量，W/m²；

λ——材料的导热系数，W/(m·K)。

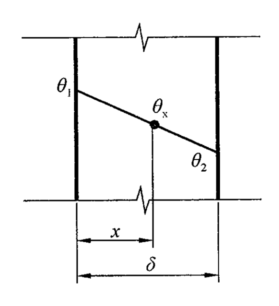
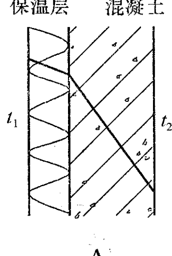


图 17-9 同一材料层内的温度分布

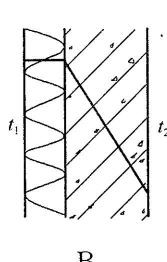
由上式可见，温度随距离的变化为一次函数，所以同一材料层内的温度分布为直线。在由多层材料构成的平壁内，温度的分布是由多条直线组成的一条折线。

例 17-6 （**2004**）多层平壁的稳定传热，$t_1>t_2$，下面哪一条温度分布线是正确的？

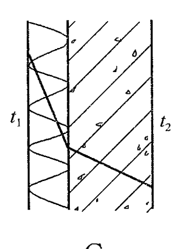
保温层 混凝土



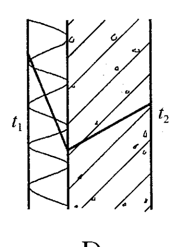
A



B



C



D

提示：在稳定传热中，多层平壁内每个材料层内的分布为直线，直线的斜率与该材料层的导热系数成反比；导热系数越小，温度分布线越倾斜。由于保温层的导热系数小于钢筋混凝土的导热系数；因此，保温层内的温度分布线应比钢筋混凝土倾斜。此外，沿热流通过的方向，温度分布一定是逐渐下降的，不可能出现温度保持不变或温度升高的情况。

答案：C

二、周期性不稳定传热

（一）周期性不稳定传热

当外界热作用（气温和太阳辐射）随时间呈现周期性变化时，围护结构进行的传热过程为周期性不稳定传热。

（二）简谐热作用（图 17-10）

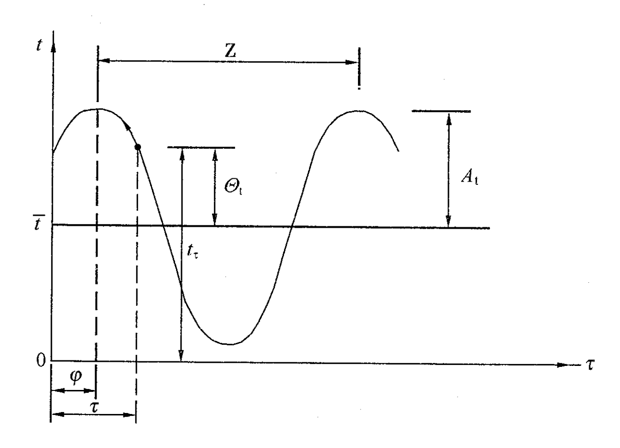


图 17-10　简谐热作用

简谐热作用指当温度随时间的正弦（或余弦）函数作规则变化时围护结构所受到的热作用。一般用余弦函数表示：

$$t_\tau = \bar{t} + A_t\cos\left(\frac{360}{Z}\tau - \phi\right) = \bar{t} + A_t\cos(\omega\tau - \phi) \tag{17-34}$$

式中　t_τ——在 τ 时刻的介质温度,℃；

$\bar{t}$——在一个周期内的平均温度,℃；

A_t——温度波的振幅,℃；

Z——温度波的周期，h；

ϕ——温度波的初相位，deg；

τ——以某一指定时刻起算的计算时间，h；

ω——温度波的角速度，deg/h。

（三）相对温度

相对温度指相对于某一基准温度的温度，单位为 K 或℃。当基准温度为$\bar{t}$时，相对温度表示为：

$$\Theta_\tau = A_t\cos\left(\frac{360\tau}{Z} - \phi\right) = A_t\cos(\omega\tau - \phi) \tag{17-35}$$

式中　Θ_τ——在 τ 时刻介质的相对温度，℃。

（四）平壁在简谐热作用下的传热特征（图 17-11）

平壁在简谐热作用下的三个基本传热特征是：

（1）室外温度、平壁表面温度和内部任一截面处的温度都是同一周期的简谐波动。

（2）从室外空间到平壁内部，温度波动的振幅逐渐减小，这种现象叫作温度波的衰减。即：

$$A_e > A_{ef} > A_x > A_{if}$$

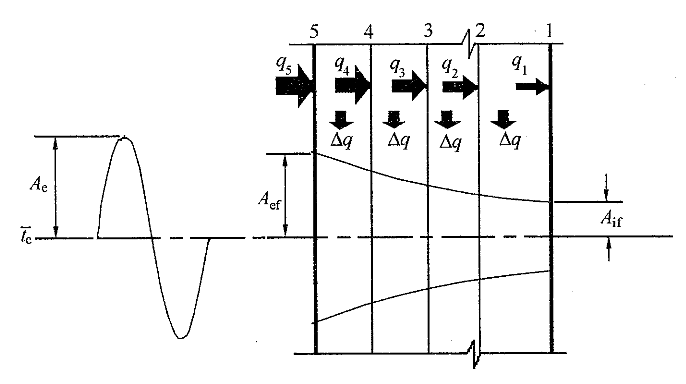


图 17-11　在简谐热作用下围护结构的传热

（3）从室外空间到平壁内部，温度波动的相位逐渐向后推进，这种现象叫温度波的相位延迟。或者说温度波出现最高温度的时间向后推迟。即：

$$\phi_e < \phi_{ef} < \phi_x < \phi_{if}$$

温度波在传递过程中出现的衰减和延迟现象，是由于在平壁升温和降温的过程中，材料的热容作用和热量传递中材料层的热阻作用造成的。

（五）简谐热作用下材料和围护结构的热特性指标

1. 材料的蓄热系数 S

材料的蓄热系数：当某一均质半无限大物体一侧受到简谐热作用时，迎波面（受到热作用的一侧表面）上接受的热流振幅与该表面温度波动的振幅比。它是表示半无限大物体在简谐热作用下，直接受到热作用的一侧表面，对谐波热作用敏感程度的一个特性指标。在同样的周期性热作用下，材料的蓄热系数越大，表面温度波动越小，反之波动越大。

$$S = \frac{A_q}{A_\theta} = \sqrt{\frac{2\pi\lambda c\rho}{3.6T}} \qquad (17\text{-}36)$$

式中　A_q——表面热流的振幅，℃；

A_θ——表面温度波的振幅，℃；

λ——材料的导热系数，W/(m・K)；

c——材料的比热容，kJ/(kg・K)；

ρ——材料的密度，kg/m^3；

T——温度波动周期（h），一般取 T=24h。

各种材料的蓄热系数可查《热工规范》的“常用建筑材料热物理性能计算参数”表（见《热工规范》附录 B.1）。

2. 材料层的热惰性指标 D

材料层的热惰性指标是表示具有一定厚度的材料层受到波动热作用后，背波面上温度波动剧烈程度的一个指标，它表明了材料层抵抗温度波动的能力；该指标为无量纲。

根据围护结构对室内热稳定性的影响，习惯上将热惰性指标 $D \geqslant 2.5$ 的围护结构称为重质围护结构；$D < 2.5$ 的称为轻质围护结构。

（1）均质材料层的热惰性指标 D

1）单层结构

$$D = R \cdot S \qquad (17\text{-}37)$$

式中　R——材料层的热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

S——材料层的蓄热系数，$W/(m^2 \cdot K)$。

2）多层结构

由多层材料构成的围护结构的热惰性指标为各层材料热惰性指标之和，即：

$$D = D_1 + D_2 + \cdots\cdots + D_n = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + \cdots\cdots + R_n \cdot S_n \tag{17-38}$$

封闭空气层的热惰性指标应为零。

（2）非均质复合围护结构的热惰性指标 $\overline{D}$

$$\overline{D} = \frac{D_1 A_1 + D_2 A_2 + \cdots\cdots + D_n A_n}{A_1 + A_2 + \cdots\cdots + A_n} \tag{17-39}$$

式中　A_1，$A_2 \cdots\cdots A_n$——平行于热流方向的各块平壁的面积，m^2；

D_1，$D_2 \cdots\cdots D_n$——平行于热流方向的各块平壁的热惰性指标。

3. 材料层表面的蓄热系数

对有限厚度的单层或多层平壁，当材料层受到周期波动的热作用时，其表面的温度波动，不仅与本层材料的蓄热系数有关，还与边界条件有关，即在沿着温度波前进的方向，其后与该材料层接触的另一种材料的热阻、蓄热系数或表面的热转移系数有关。为此，对有限厚度的材料层，使用材料层表面的蓄热系数表示各材料层界面处热流的振幅与表面温度波的振幅比，从本质上说，材料层表面的蓄热系数的定义与材料的蓄热系数的定义是相同的。即：

$$Y = \frac{A_q}{A_\theta} \tag{17-40}$$

根据温度波前进的方向，材料层表面的蓄热系数分为材料层内、外表面的蓄热系数。

$Y_{m,e}$：材料层外表面的蓄热系数；

$Y_{m,i}$：材料层内表面的蓄热系数。

当某层材料的热惰性指标 $D \geqslant 1$ 时，材料层表面的蓄热系数可近似按该层材料的蓄热系数取值，即 $Y = S$。

（六）围护结构的衰减倍数和延迟时间

1. 围护结构的衰减倍数 ν

围护结构的衰减倍数：室外温度谐波的振幅与由其引起的平壁内表面温度谐波的振幅的比值。应按下式计算：

$$\nu = \frac{\Theta_e}{\Theta_i} \tag{17-41}$$

式中　ν——围护结构的衰减倍数，无量纲；

Θ_e——室外综合温度或空气温度波幅，K；

Θ_i——室外综合温度或空气温度影响下的围护结构内表面温度波幅，K。

2. 围护结构的延迟时间 ξ

围护结构的延迟时间：在室外温度谐波作用下，围护结构内表面出现最高温度值的时间与室外温度谐波最高温度值出现时间的差值。应按下式计算：

$$\xi = \xi_i - \xi_e \tag{17-42}$$

式中　ξ_e——室外综合温度或空气温度达到最大值的时间，h；

ξ_i——室外综合温度或空气温度影响下，围护结构内表面温度达到最大值的时间，h。

围护结构的衰减倍数和延迟时间均应采用围护结构周期传热计算软件计算。

第四节　围护结构的保温设计

一、建筑保温综合处理的基本原则

1. 充分利用太阳能。建筑物的总平面布置、平面和立面设计、门窗洞口设置应考虑利用冬季日照。

2. 防止冷风的不利影响。建筑物宜朝向南北或接近朝向南北，避开冬季主导风向。建筑出入口设门斗或热风幕等避风设施。

3. 选择合理的建筑体形和平面形式。建筑平、立面的凹凸不宜过多，控制体形系数以减少外表散热面积。

4. 控制透光外围护结构的面积，有效节约采暖能耗。

5. 围护结构要求进行保温设计。

6. 热桥部位应进行表面结露验算，并应采取保温措施。

7. 使房间具有良好的热特性与合理的供热系统。

二、冬季热工计算参数

（一）室内热工计算参数

温度：采暖房间应取 18℃，非采暖房间应取 12℃；

相对湿度：一般房间应取 30%～60%。

（二）室外热工计算参数

考虑到室内外空气温度实际上存在着不同程度的波动，围护结构的热稳定性对维持室内温度的稳定有十分重要的作用。因此，室外计算温度 t_e 的取值应根据围护结构热惰性指标 D 值的大小按级别进行调整，使得围护结构的保温性能能够达到同等的水平，见表 17-5。

冬季室外热工计算温度　　　　**表 17-5**

围护结构热稳定性	计算温度（℃）
$6.0 \leqslant D$	$t_e = t_w$
$4.1 \leqslant D < 6.0$	$t_e = 0.6\,t_w + 0.4\,t_{e\cdot min}$
$1.6 \leqslant D < 4.1$	$t_e = 0.3\,t_w + 0.7\,t_{e\cdot min}$
$D < 1.6$	$t_e = t_{e\cdot min}$

注：表中的 t_w 和 $t_{e\cdot min}$ 分别为采暖室外计算温度和累年最低日平均温度。

三、围护结构的保温设计

围护结构的保温设计按稳定传热的理论进行。外墙、屋顶、门窗、玻璃幕墙、直接接触室外空气的楼板和不采暖楼梯间的隔墙等围护结构应进行保温计算。

冬季保温设计的目的是：

（1）保证人在室内的基本热舒适，避免内表面的冷辐射；

（2）防止围护结构内表面温度过低产生结露；

（3）控制为保持室内温度需要消耗的采暖能耗。

围护结构保温设计的要求主要体现在控制围护结构内表面温度和围护结构的热阻。

（一）墙体的保温设计

1. 墙体的内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_w

对墙体保温的要求首先体现在墙体的内表面与室内空气的温差 Δt_w 不得超过规定的限值，见表 17-6。

墙体的内表面温度与室内空气温度温差的限值　　表 17-6

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_w（K）	$\leqslant t_i - t_d$	$\leqslant 3$

注：$\Delta t_w = t_i - \theta_{i \cdot w}$。

未考虑密度和温差修正的墙体内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i \cdot w} = t_i - \frac{R_i}{R_{0 \cdot w}}(t_i - t_e) \tag{17-43}$$

式中　$\theta_{i \cdot w}$——墙体内表面温度，℃；

t_i——室内计算温度，℃；

t_e——室外计算温度，℃；

R_i——内表面换热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

$R_{0 \cdot w}$——墙体传热阻，$(m^2 \cdot K)/W$。

2. 墙体热阻最小值 $R_{min \cdot w}$

（1）墙体热阻最小值 $R_{min \cdot w}$ 的计算

$$R_{min \cdot w} = \frac{(t_i - t_e)}{\Delta t_w} R_i - (R_i + R_e) \tag{17-44}$$

式中　$R_{min \cdot w}$——满足 Δt_w 要求的墙体热阻最小值，$(m^2 \cdot K)/W$。

墙体热阻最小值 $R_{min \cdot w}$ 还可按《热工规范》附录 D 表 D.1 的规定选用。

（2）不同材料和建筑不同部位的墙体热阻最小值的修正

当围护结构使用轻质材料时，考虑到围护结构对热稳定性的要求，需要进行热阻最小值的密度修正。当围护结构的外表面不直接与室外空气接触时，需要进行热阻最小值的温差修正。修正后的墙体热阻最小值 R_w 为：

$$R_w = \varepsilon_1 \varepsilon_2 R_{min \cdot w} \tag{17-45}$$

式中　ε_1——热阻最小值的密度修正系数，按表 17-7 选用；

ε_2——热阻最小值的温差修正系数，按表 17-8 选用。

热阻最小值的密度修正系数 ε_1　　表 17-7

密度(kg/m^3)	$\rho \geqslant 1200$	$1200 > \rho \geqslant 800$	$800 > \rho \geqslant 500$	$500 > \rho$
修正系数 ε_1	1.0	1.2	1.3	1.4

注：ρ 为围护结构的密度。

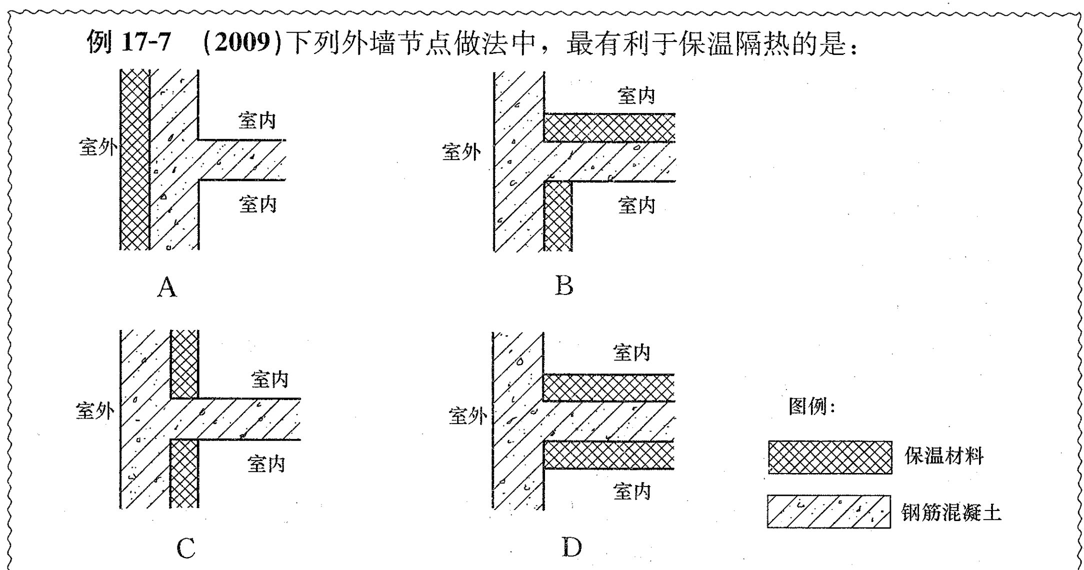
热阻最小值的温差修正系数 ε_2　　表 17-8

部　位	修正系数 ε_2
与室外空气直接接触的围护结构	1.0
与有外窗的不采暖房间相邻的围护结构	0.8
与无外窗的不采暖房间相邻的围护结构	0.5

在确定密度修正系数ε_1时，对于专设保温层的围护结构，应按扣除保温层后的构造计算其密度；对于自保温体系，应按围护结构的实际构造计算密度。

当围护结构构造中的空气间层完全位于墙体(屋面)材料层一侧时，应按扣除空气间层后的构造计算围护结构的密度；否则应按实际构造计算密度。

例 17-7　(2009)下列外墙节点做法中，最有利于保温隔热的是：



提示：上述墙体保温隔热措施中，应优先考虑外墙部分的保温隔热，并且外保温的效果优于内保温，由于方案A对全部外墙部分都进行了保温，因此效果最佳。

答案：A

（二）楼、屋面的保温设计

楼、屋面的保温设计参数与计算公式和墙体雷同。

1. 楼、屋面的内表面温度与室内空气温度的温差Δt_r

楼、屋面的内表面温度与室内空气温度的温差Δt_r不得超过规定的限值，见表17-9。

楼、屋面的内表面温度与室内空气温度温差的限值　　表17-9

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差Δt_r（K）	$\leqslant t_i - t_d$	$\leqslant 4$

注：$\Delta t_r = t_i - \theta_{i\cdot r}$。

未考虑密度和温差修正的楼、屋面内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i\cdot r} = t_i - \frac{R_i}{R_{0\cdot r}}(t_i - t_e) \tag{17-46}$$

式中　$\theta_{i\cdot r}$——楼、屋面内表面温度，℃；

$R_{0\cdot r}$——楼、屋面传热阻，$(m^2 \cdot K)/W$。

2. 楼、屋面热阻最小值$R_{min\cdot r}$

（1）楼、屋面热阻最小值$R_{min\cdot r}$可按下式计算：

$$R_{min\cdot r} = \frac{(t_i - t_e)}{\Delta t_r}R_i - (R_i + R_e) \tag{17-47}$$

式中　$R_{min \cdot r}$——满足 Δt_r 要求的楼、屋面热阻最小值，$(m^2 \cdot K)/W$。

楼、屋面热阻最小值 $R_{min \cdot r}$ 也可按《热工规范》附录 D 表 D.1 的规定选用。

（2）不同材料和建筑不同部位的楼、屋面热阻最小值的修正

修正后的楼、屋面热阻最小值 R_r 为：

$$R_r = \varepsilon_1 \varepsilon_2 R_{min \cdot r} \tag{17-48}$$

式中修正系数 ε_1 和 ε_2 的定义和取值与墙体相同。

3. 屋面保温材料的选择

（1）屋面保温材料应选择密度小、导热系数小的材料；

（2）屋面保温材料应严格控制吸水率。

（三）绝热材料

1. 绝热材料

绝热材料是指导热系数 $\lambda < 0.25W/(m \cdot K)$ 且能用于绝热工程的材料。

2. 影响材料导热系数的因素

（1）密度。一般情况下，密度越大，导热系数也越大，但某些材料存在着最佳密度的界限，在最佳密度下，该材料的导热系数最小。

（2）湿度。绝热材料的湿度增大，导热系数也随之增大，因此，湿度对绝热材料导热系数的影响在建筑热工设计中必须引起充分注意。

（3）温度。绝热材料的导热系数随温度的升高而增大。一般在高温或负低温的情况下才考虑其影响。

（4）热流方向。对各向异性材料（如木材、玻璃纤维），平行于热流方向时，导热系数较大；垂直于热流方向时，导热系数较小。

其中，对导热系数影响最大的因素是材料的密度和湿度。

3. 绝热材料的选择

选择保温材料时，不仅需要考虑材料的热物理性能，还应该了解材料的强度、耐久性、耐火、耐侵蚀性，以及使用保温材料时的构造方案、施工工艺、材料的来源和经济指标等。

（四）非透光围护结构保温构造方案

1. 常用的构造方案

（1）单设保温层；

（2）使用封闭的空气间层或带铝箔的封闭空气间层；

（3）保温层与承重层合二为一；

（4）复合构造。

2. 保温层位置的设置

（1）内保温：保温层在承重层内侧；

（2）中间保温：保温层在承重层中间；

（3）外保温：保温层在承重层外侧。

保温层的位置的正确与否对结构及房间的使用质量、结构造价、施工和维持费用都有重大影响，必须予以足够的重视。

外保温方案的优点：

1）保护主体结构，降低温度应力起伏，提高结构的耐久性；

2）对结构及房间的热稳定性有利；

3）对防止和减少保温层内部产生水蒸气凝结有利；

4）减少热桥处的热损失，防止热桥内表面结露；

5）有利于旧房的节能改造。

注意，外保温方案的一些优点是有前提的。例如，只有规模不太大的建筑（如住宅）外保温能够提高结构及房间的热稳定性，而在建筑内部有大量热容量的结构（隔墙、柱）和参与调节的设备时，外保温的蓄热作用就不太明显了。

（五）门窗、幕墙、采光顶的保温设计

门窗、幕墙、采光顶因其构造的特点导致其传热系数大，如单层金属窗的传热系数约为一砖墙的 3 倍，使得它们的热损失在建筑物的总热损失中所占比重甚大，因此门窗、幕墙、采光顶的保温也就格外重要。

1. 对外门窗、幕墙、采光顶传热系数的要求

对热环境有要求的房间，其外门窗、幕墙、采光顶的传热系数宜符合表 17-10 的规定。

建筑外门窗、透光幕墙、采光顶传热系数的限值和抗结露验算要求　　表 17-10

气候区	K [W/(m²·K)]	抗结露验算要求
严寒 A 区	≤2.0	验算
严寒 B 区	≤2.2	验算
严寒 C 区	≤2.5	验算
寒冷 A 区	≤3.0	验算
寒冷 B 区	≤3.0	验算
夏热冬冷 A 区	≤3.5	验算
夏热冬冷 B 区	≤4.0	不验算
夏热冬暖地区	—	不验算
温和 A 区	≤3.5	验算
温和 B 区	—	不验算

2. 门窗、幕墙的传热系数 K

（1）门窗、幕墙的传热系数的计算

门窗、幕墙的传热系数由构成它的各个部件（如框、面板中部及面板边缘区域）决定，既要考虑构成它的面板的传热系数和面积、面板边缘的线传热系数和边缘长度，也要考虑边框的传热系数和边框面积。按下式计算：

$$K=\frac{\sum K_{gc}A_g+\sum K_{pc}A_p+\sum K_fA_f+\sum \psi_g l_g+\sum \psi_p l_p}{\sum A_g+\sum A_p+\sum A_f} \tag{17-49}$$

式中　K——幕墙单元、门窗的传热系数 W/(m²·K)；

A_g——透光面板面积，m²；

l_g——透光面板边缘长度，m；

K_{gc}——透光面板中心的传热系数，W/(m²·K)；

ψ_g——透光面板边缘的线传热系数，W/(m·K)；

A_p——非透光面板面积，m^2；

l_p——非透光面板边缘长度，m；

K_{pc}——非透光面板中心的传热系数，W/(m^2·K)；

ψ_p——非透光面板边缘的线传热系数，W/(m·K)；

A_f——框面积，m^2；

K_f——框的传热系数，W/(m^2·K)。

（2）典型玻璃、配合不同窗框的整窗传热系数

采用典型玻璃、配合不同窗框，在典型窗框面积比的情况下，整窗传热系数见《热工规范》表 C. 5. 3-1、表 C. 5. 3-2。如 3mm 透明玻璃、塑料窗框（框面积 25%）的整窗传热系数为 5. 0[W/(m^2·K)]。

3. 门窗、幕墙的保温措施

（1）控制透光结构的面积

从保温设计的角度而言，在保证天然采光的情况下，外窗、透光幕墙、采光顶等透光外围护结构的面积不宜过大。透光结构面积的减少有利于降低采暖能耗。建筑节能设计标准对各朝向的窗墙面积比都有所规定。

（2）提高门窗的气密性

门窗的气密性等级不应低于现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106—2008 及相应的建筑节能设计标准规定的等级（表 17-11）。

居住及公共建筑外门窗气密性等级要求　　表 17-11

建筑类别	地区	建筑层数	部位	气密性等级
居住	严寒	—	外窗及敞开式阳台门	6
	寒冷	1～6	外窗及敞开式阳台门	4
		≥7	外窗及敞开式阳台门	6
	夏热冬冷	1～6	外窗及敞开式阳台门	4
		≥7	外窗及敞开式阳台门	6
	夏热冬暖	1～9	外窗	4
		≥10	外窗	6
公共	—	<10	外窗	6
		≥10	外窗	7
	严寒、寒冷	—	外门	4

（3）提高窗框的保温性能

可将窗框的薄壁实腹型材改为空心型材，利于内部形成空气间层，提高保温能力；或者使用塑料或其他导热系数小的材料提高保温能力。如采用木窗、塑料窗、铝木复合门窗、铝塑复合门窗、钢塑复合门窗和断桥铝合金门窗等保温性能好的门窗。

（4）改善玻璃的保温能力

使用多层玻璃窗，即利用增加玻璃层数形成的空气间层，加大透光部分的保温能力。如严寒地区建筑宜采用双层窗。

有保温要求的门窗、玻璃幕墙、采光顶采用的玻璃系统应为中空玻璃、Low-E 中空

玻璃、充惰性气体 Low-E 中空玻璃等保温性能良好的玻璃。

（5）加强玻璃幕墙的保温能力

玻璃幕墙应采用有断热构造的玻璃幕墙系统；非透光的玻璃幕墙部分、金属幕墙、石材幕墙和其他人造板材幕墙等幕墙面板背后应采用高效保温材料保温。

（6）保证连接部位的保温和密封

门窗、透光幕墙、采光顶周边与墙体、屋面板或其他围护结构连接处应采取保温、密封构造；当采用非防潮型保温材料填塞时，缝隙应采用密封材料或密封胶密封。

（7）外门保温

应尽可能选择保温性能好的保温门。外门的经常开启必然会增加进入室内的冷风渗透，因此要求外门的密闭性较好。设置门斗或热风幕等避风设施可有效减少冷风渗透。

（8）使用保温窗帘

4. 门窗、幕墙的抗结露验算

抗结露验算的依据是在冬季计算参数下，门窗、幕墙型材和玻璃内表面温度是否低于露点温度。

要求门窗或幕墙的各个部件（如框、面板中部及面板边缘区域）超过 90%的面积的内表面温度应满足下式要求：

$$t_i - \frac{t_i - t_e}{R \cdot \alpha_i} \geqslant t_d \quad (17\text{-}50)$$

式中　R——门窗、幕墙框或面板的热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

α_i——门窗、幕墙框或面板内表面换热系数，$W/(m^2 \cdot K)$；

t_i——室内计算温度，℃；

t_e——室外计算温度，℃；

t_d——室内露点温度，℃。

注意，式中门窗幕墙内表面换热系数 α_i 应按现行行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 的规定通过计算确定。

（六）地面的保温设计

1. 地面保温设计要求

要求建筑中与土体接触的地面内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_g 应符合表 17-12 的规定。

地面的内表面温度与室内空气温度温差的限值　　表 17-12

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_g（K）	$\leqslant t_i - t_d$	$\leqslant 2$

注：$\Delta t_g = t_i - \theta_{i \cdot g}$。

地面内表面温度可按下式计算：

$$\theta_{i \cdot g} = \frac{t_i \cdot R_g + \theta_e \cdot R_i}{R_g + R_i} \quad (17\text{-}51)$$

式中　$\theta_{i \cdot g}$——地面内表面温度，℃；

R_g——地面热阻，$(m^2 \cdot K)/W$；

θ_e——地面层与土体接触面的温度,℃，应取最冷月平均温度。

2. 地面层热阻最小值 $R_{min \cdot g}$

地面层热阻的计算只包括地面的结构层、保温层和面层，其热阻最小值 $R_{min \cdot g}$可按下式计算或按《热工规范》附录 D 表 D. 2 的规定选用。

$$R_{min \cdot g} = \frac{(\theta_{i \cdot g} - \theta_e)}{\Delta t_g} R_i \tag{17-52}$$

式中　$R_{min \cdot g}$——满足 Δt_g 要求的地面热阻最小值，$(m^2 \cdot K)/W$。

3. 地面层保温的合理处理

(1) 根据地面传热的特点，地板周边的保温性能应该比中间好。

(2) 地面保温材料应选用吸水率小、抗压强度高、不易变形的材料。

(七) 地下室的保温设计

1. 地下室保温设计要求

(1) 距地面小于 0. 5m 的地下室外墙保温设计要求同外墙；

(2) 距地面超过 0. 5m、与土体接触的地下室外墙内表面温度与室内空气温度的温差 Δt_b应符合表 17-13 的规定。

地下室外墙的内表面温度与室内空气温度温差的限值　　　　表 17-13

房间设计要求	防结露	基本热舒适
允许温差 Δt_b (K)	$\leqslant t_i - t_d$	$\leqslant 4$

注：$\Delta t_b = t_i - \theta_{i \cdot b}$。

地下室外墙内表面温度 $\theta_{i \cdot b}$可参照计算地面内表面温度 $\theta_{i \cdot g}$的公式进行计算（只需将公式中的 R_g替换为地下室外墙热阻 R_b即可)。

2. 地下室外墙热阻最小值 $R_{min \cdot b}$

同理，地下室外墙热阻最小值 $R_{min \cdot b}$可参照计算地面热阻最小值 $R_{min \cdot g}$的公式进行计算（只需将公式中的 R_g替换为地下室外墙热阻 R_b即可)。地下室外墙热阻只计入结构层、保温层和面层。

四、传热异常部位的保温设计

(一) 热桥的保温

在围护结构中有保温性能远低于平壁部分的嵌入部件，如嵌入墙体的混凝土或金属梁、柱、屋面板中的混凝土肋、装配式建筑中的板材接缝以及墙角、屋面檐口、墙体勒脚、楼板与外墙、内隔墙与外墙连接处等部位。这些构件热阻小，热流密集，热损失比相同面积平壁部分的热损失大得多，导致其内表面温度比平壁部分低，在建筑热工中，将其称之为“热桥”。

建筑外围护结构中常见的各种结构性热桥见图 17-8。

1. 热桥保温的要求

《热工规范》强制要求对热桥部位进行保温验算，要求围护结构热桥部位的内表面温度不低于室内空气的露点温度，避免围护结构内表面霉变，保证室内健康的卫生环境和围护结构的耐久性。

热桥的表面温度可采用《热工规范》配套光盘中提供的二维稳态传热计算软件计算。

例 17-8 （**2006**）外墙某局部如图 17-12 所示，比较内表面温度 θ_1 和 θ_2，下列答案哪一个是正确的？

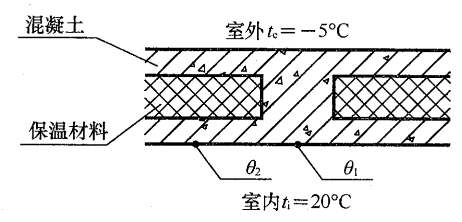


图 17-12

A $\theta_1>\theta_2$　　B $\theta_1<\theta_2$

C $\theta_1=\theta_2$　　D θ_1 和 θ_2 的关系不确定

提示： 热桥为围护结构中保温性能远低于主体部分的嵌入构件，如砖墙中的钢筋混凝土圈梁、门窗过梁、槽型屋面板等。热桥的热阻比围护结构主体部分的热阻小，热量容易通过热桥传递。热桥内表面失去的热量多，使得内表面温度低于室内主体表面其他部分的温度，而热桥外表面由于传到的热量比主体部分多，因此温度高于主体部分外表面的温度。

答案： B

2. 类型

热桥的类型分为贯通式［图 17-13(*a*)］与非贯通式［图 17-13(*b*)］两种，热桥的宽度为 a，主体结构部分的厚度为 δ。

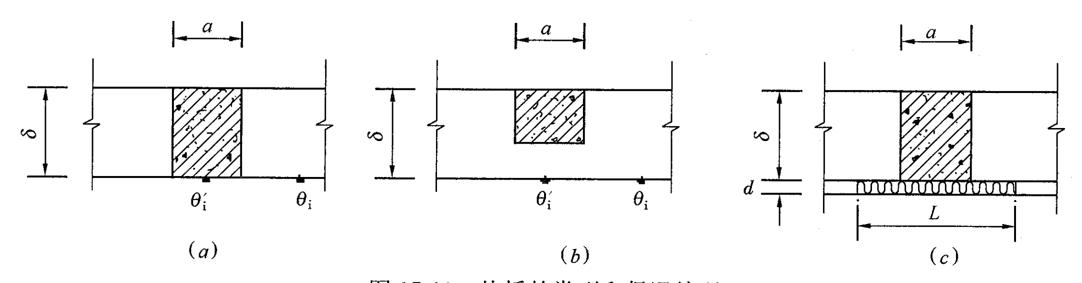


图 17-13　热桥的类型和保温处理

(*a*) 贯通式；(*b*) 非贯通式；(*c*) 热桥的保温处理

3. 热桥的保温处理

从建筑保温的要求来看，贯通式热桥是最不利于保温的。对于非贯通式热桥，在构造设计时，应该尽量将其设置在靠近室外的一侧。

当热桥内表面温度低于室内空气露点温度时，则应作保温处理。

(1) 保温层厚度 d［图 17-13 (*c*)］

$$d=(R_0-R'_0)\cdot\lambda \tag{17-53}$$

式中 λ——保温材料的导热系数，W/(m・K)。

(2) 保温层长度 l［图 17-13 (*c*)］

当 $a<\delta$ 时，$l\geqslant 1.5\delta$；

当 $a>\delta$ 时，$l\geqslant 2.0\delta$。

（二）转角保温

外墙转角低温影响带的长度为墙厚 δ 的（1.5～2.0）倍，若其内表面温度低于室内露点温度，则应作附加保温层处理。附加保温层的长度 l 如下：

（1）二维墙角：$l=(1.5\sim2.0)\delta$；

（2）三维墙角：$l=(2.0\sim3.0)\delta$。

第五节　外围护结构的蒸汽渗透和冷凝

一、围护结构的蒸汽渗透

（一）蒸汽渗透

当材料内部存在水蒸气分压力差时，以气态扩散方式进行的水分迁移称为蒸汽渗透。

如果外围护结构的两侧存在水蒸气分压力差，水蒸气就会从压力高的一侧通过围护结构向压力低的一侧渗透。

（二）蒸汽渗透强度

蒸汽渗透强度：在单位时间内通过单位截面积的蒸汽量，单位为 $g/(m^2\cdot h)$。

在稳定传湿条件下，通过围护结构的蒸汽渗透强度为：

$$w=\frac{P_i-P_e}{H_0} \tag{17-54}$$

式中　H_0——围护结构的总蒸汽渗透阻，$m^2\cdot h\cdot Pa/g$；

P_i、P_e——室内外空气的水蒸气分压力，Pa。

（三）围护结构的总蒸汽渗透阻和材料层的蒸汽渗透阻

围护结构的总蒸汽渗透阻为各材料层的蒸汽渗透阻之和：

$$H_0=\sum_{j=1}^{n}H_j \tag{17-55}$$

材料层的蒸汽渗透阻 H 为：

$$H=\frac{d}{\mu} \tag{17-56}$$

式中　μ——材料的蒸汽渗透系数，$g/(m\cdot h\cdot Pa)$；

d——材料层的厚度，m；

n——材料的层数。

材料的蒸汽渗透系数表明材料的透气能力，与材料的密实程度有关，常见建筑材料的蒸汽渗透系数可查《民用建筑热工设计规范》得知。

（四）多层平壁材料层内水蒸气分压力的分布

在稳定传湿条件下，多层平壁材料层内水蒸气分压力的分布与稳定传热时材料层内的温度分布雷同，即同一材料层内，水蒸气分压力分布为直线；在多层材料构成的平壁内，水蒸气分压力分布是一条折线。

二、外围护结构内部冷凝的检验

外侧有卷材或其他密闭防水层的平屋顶结构，以及保温层外侧有密实保护层的多层墙体结构，当内侧结构层为加气混凝土和砖等多孔材料时，应进行内部冷凝受潮验算。

（一）判别依据

只要围护结构内部某处的水蒸气分压力 P 大于该处温度对应的饱和蒸汽压 P_s，该处就会出现冷凝。

（二）判别步骤

（1）计算围护结构内部水蒸气分压力并绘制水蒸气分压力 P 分布曲线：

1）由已知条件 t_i、t_e、φ_i、φ_e 求出围护结构两侧的水蒸气分压力 P_i、P_e；

2）用公式计算各界面的水蒸气分压力 P_m；

3）按比例画出围护结构内部水蒸气分压力分布曲线。

（2）由已知条件 t_i、t_e、d_i、λ_i 求出围护结构各材料界面的温度 θ_m。

（3）由各界面温度 θ_m 查出各界面对应的饱和蒸汽压并绘制饱和蒸汽压 P_s 分布曲线。

（4）判断围护结构内是否产生冷凝，P 分布曲线与 P_s 分布曲线相交，内部会出现冷凝；否则，内部不出现冷凝（图 17-14）。

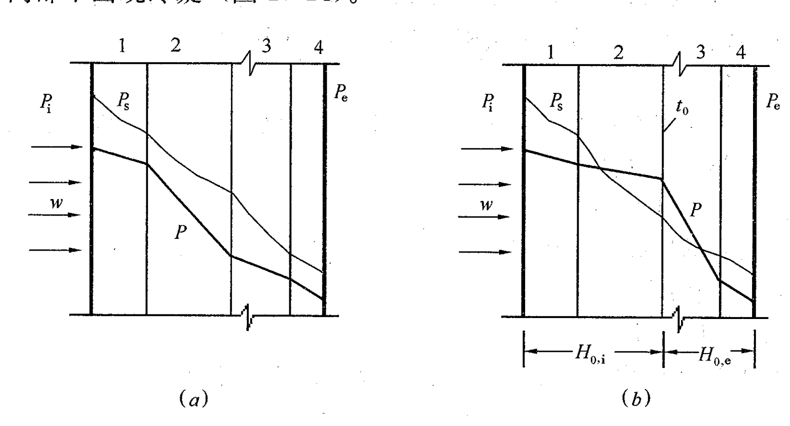


图 17-14　围护结构内部冷凝的检验

（a）内部不出现冷凝；（b）内部出现冷凝

（三）冷凝界面的确定

围护结构内部出现冷凝，通常都是材料的蒸汽渗透系数出现由大变小的界面且界面温度比较低的情况。通常把最容易出现冷凝，而且冷凝最严重的界面称为冷凝界面。冷凝界面一般出现在沿蒸汽渗透的方向绝热材料和其后密实材料的交界面处。

冷凝界面的温度用 t_c 表示，冷凝界面的饱和蒸汽压用 $P_{s,c}$ 表示。

三、防止和控制冷凝的措施

（一）防止和控制表面冷凝

1. 正常房间

（1）保证围护结构满足保温设计的要求；

（2）房间使用中保持围护结构内表面气流通畅（如家具与墙壁留有缝隙）；

（3）对供热系统供热不均匀的房间，围护结构内表面应该使用蓄热系数大的材料建造。

2. 高湿房间

（1）设置防水层；

（2）间歇使用的高湿房间，围护结构内表面可增设吸湿能力强且本身又耐潮湿的饰面层或涂层，防止水滴形成；

(3) 增设吊顶，有组织地排除滴水；

(4) 使用机械方式，加强屋顶内表面处的通风，防止水滴形成。

(二) 防止和控制内部冷凝

1. 正确布置围护结构内部材料层次

在水蒸气渗透的通路上尽量符合“进难出易”的原则。

2. 设置隔汽层

(1) 设置隔汽层的条件

必须同时满足以下两个条件时才需要设置隔汽层。

条件1：围护结构内部产生冷凝；

条件2：由冷凝引起的保温材料重量湿度增量超过保温材料重量湿度的允许增量，即 $\Delta\omega>[\Delta\omega]$(或者冷凝界面内侧所需要的蒸汽渗透阻小于最小蒸汽渗透阻，即 $H_{0,i}<H_{i,min}$)。

$[\Delta\omega]$ 为采暖期间保温材料重量湿度的允许增量，可查《热工规范》表7.1.2；$H_{i,min}$ 为冷凝界面内侧所需要的最小蒸汽渗透阻，单位为 $m^2\cdot h\cdot Pa/g$。

(2) 隔汽层的位置

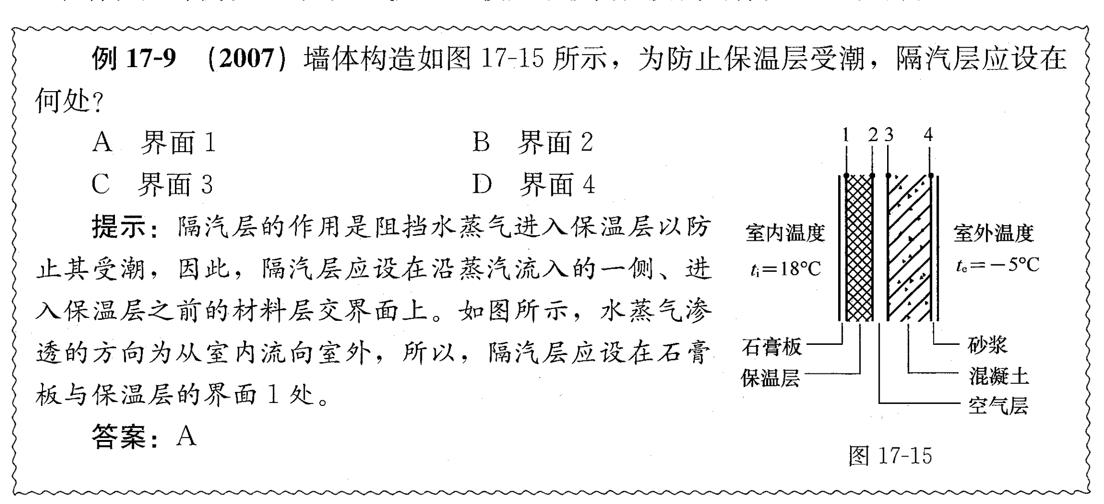
隔汽层的位置应布置在蒸汽流入的一侧。对采暖房间，应布置在保温层的内侧；对冷库建筑应布置在隔热层的外侧。

3. 设置通风间层或泄气沟道

在保温层外设置通风间层或泄气沟道，可将渗透的水蒸气借助流动的空气及时排除，并且对保温层有风干作用。

4. 冷侧设置密闭空气层

在保温层外侧设置密闭空气层，可使处于较高温度侧的保温层经常干燥。



例 17-9 **(2007)** 墙体构造如图17-15所示，为防止保温层受潮，隔汽层应设在何处？

A 界面1　　B 界面2

C 界面3　　D 界面4

提示：隔汽层的作用是阻挡水蒸气进入保温层以防止其受潮，因此，隔汽层应设在沿蒸汽流入的一侧、进入保温层之前的材料层交界面上。如图所示，水蒸气渗透的方向为从室内流向室外，所以，隔汽层应设在石膏板与保温层的界面1处。

答案：A

图 17-15

四、夏季结露与防止措施

在我国南方的广大湿热地区，一到梅雨时节或久雨初晴之际，在一般自然通风的建筑物内普遍产生夏季结露，典型的现象如墙面泛潮、地面流水，这使得室内环境潮湿不堪、物品发霉变质，甚至造成房屋结构的损害（如木地板霉烂、表面装修变形和内饰面层脱落），严重影响室内环境的质量和人们的身体健康。因此，防止夏季结露也是建筑防潮不可忽视的重要问题。

（一）夏季结露的原因

夏季结露是建筑中的一种大强度的“差迟凝结”现象。当春末室外空气温度和湿度骤然增加，有的甚至接近饱和时，建筑物中物体表面的温度却因为本身热容量的影响而上升缓慢，以致物体表面温度滞后，在一段时间之内低于室外空气的露点温度，当高温高湿的室外空气进入室内并流经这些低温表面时，必然会在物体表面冷凝，形成大量的冷凝水。

（二）防止夏季结露的措施

尽量提高室内物体的表面温度、控制室外空气与物体表面的接触将是最有效的途径。从建筑构造设计、材料的选取和建筑的使用管理等方面采取措施，都可以适当解决或缓解夏季结露的问题。主要措施有：

1. 采用蓄热系数小的材料作表面材料

蓄热系数小的材料，其热惰性小，当室外空气温度升高时，材料表面温度也随之紧跟着上升，这样就减少了材料表面与空气之间的温度差，从而减少了表面结露的机会。如木地板、三合土地面和地毯等材料均具有这样的特性。

2. 采用多孔吸湿材料作地板的表面材料

利用多孔材料对水分具有吸附冷凝原理和呼吸作用，当其表面产生暂时冷凝时，它将吸收水分，表面不会形成明显的水珠，从而延缓和减小夏季结露的强度；而当室内空气干燥时，水分会自动从此饰面材料中蒸发出来，调节室内空气的湿度。例如，陶土防潮砖、防潮缸砖和大阶砖就具有这种呼吸防结露功能。

3. 架空层防止结露

架空地板对于防止首层地面、墙面夏季结露有一定的作用。由于地板架空脱离了土地，提高了首层地板的温度，可降低地板表面的结露强度。但这种传统的防潮做法的缺陷是没有避免空气层下面冷凝水的产生和架空垫块未做绝热绝湿处理，通常起热桥吸湿作用，长期使用，使空气间层两侧的温差甚小，地板表面的温度升高有限，不能圆满解决防潮问题。

4. 采用空气层防止和控制地面泛潮

改进后的架空地板采用新的空气层防潮技术，见图 17-16。这种方法的目的是要保持空气层两侧的温差，为此，要求沿墙基脚部进行热绝缘，架空垫块也需要用热绝缘材料做成并做防水处理。当入春，室外温度升高时，空气层的温度随之升高，从而使地板温度也升高；在梅雨季节来临前就有可能使地板面层的温度超过室外空气的露点温度，达到防止地面泛潮的目的。

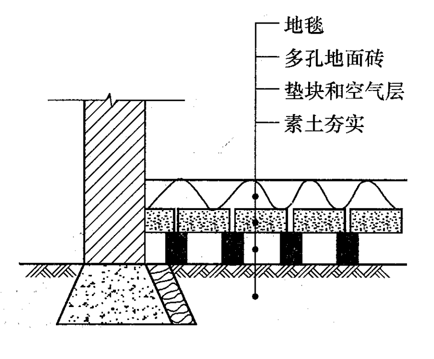


图 17-16　空气层防结露地板构造

5. 利用建筑构造控制结露

在建筑上要尽可能争取日照，提高室内与地面的温度，利于水分的蒸发。要求安装便于调节开启的门窗，方便进行间歇通风。还可设置半截腰门和高门槛，使室内空气在接近地面处保持一定的厚度，让流入的室外湿空气浮于其上，避免与地面接触，从而起到控制泛潮的作用。

6. 建筑的使用管理要利于防潮

注意建筑日常使用的管理。白天当室外温、湿度骤升时，应尽量关闭门窗、限制通风；在夜间，室外气温降低以后，应打开门窗通风；这种做法有降温、减湿的作用。

第六节　建　筑　日　照

一、日照的作用与建筑对日照的要求

（一）日照

（1）日照：物体表面被太阳照射的现象。

（2）日照时数：太阳照射的时数。

（3）日照百分率

$$日照百分率=\frac{实际日照时数}{同一时间内最大可照时数}\times 100\% \qquad (17\text{-}57)$$

（二）日照的作用

1. 有利的作用

（1）有益于人体健康

日照可促进生物的新陈代谢，阳光中的紫外线能够预防和治疗一些疾病。建筑物内争取适当的日照有重大的卫生意义。

（2）太阳辐射能提高室内的温度，有良好的取暖和干燥作用。

（3）日照能增强建筑物的立体感。

2. 不利的作用

（1）过量的日照造成夏季炎热地区室内过热；

（2）直射阳光容易产生眩光，损害视力；

（3）直射阳光对物品有褪色、变质作用。

（三）建筑对日照的要求

建筑对日照的要求需要根据建筑的使用性质确定。主要考虑日照的时间、日照的面积和变化范围。

二、日照的基本原理

（一）地球围绕太阳运行的规律

（1）地球围绕太阳进行公转，公转一周的时间为一年；

（2）地球沿固定的轨道平面（黄道面）进行公转；

（3）地球公转时，地轴与黄道面固定成 $66°33'$ 的夹角。

上述规律使得太阳光线直射地球的范围在南北纬 $23°27'$ 之间作周期性变动，从而形成一年四季的交替。

（二）太阳赤纬角

1. 赤纬角

太阳光线与赤道面的夹角，用 δ 表示，单位为度。

2. 对太阳赤纬角规定

太阳光线直射地球赤道时：$\delta=0$；从赤道面起，指向北极：$\delta>0$；从赤道面起，指向南极：$\delta<0$。

3. 太阳赤纬角的变化

地球围绕太阳运行的过程中，不同的季节有不同的太阳赤纬角。太阳赤纬角的变化范围是：$-23°27'\sim23°27'$。从春分、夏至到秋分，太阳赤纬角 $\delta>0$；从秋分、冬至到春分，太阳赤纬角 $\delta<0$。

一般季节的太阳赤纬角可查主要季节太阳赤纬角 δ 值表确定。特殊季节赤纬角 δ 的值如下：

春、秋分：$\delta=0°$；冬至日：$\delta=-23°27'$；夏至日：$\delta=23°27'$。

（三）时角

1. 时角

太阳所在的时圈与通过当地正南方向的时圈（子午圈）构成的夹角称为时角，用符号 Ω 表示，单位为度。

2. 对时角的规定

对时角的规定是：

正午：$\Omega=0$；下午：$\Omega>0$；上午：$\Omega<0$。

3. 时角 Ω 的计算

地球自转一周为一天（24 小时），时角每小时变化 15°。

$$\Omega=15\cdot(T_m-12) \tag{17-58}$$

式中 T_m——地方平均太阳时，h。

（四）地方平均太阳时与标准时

日照计算使用的时间均为地方平均太阳时，而日常钟表所指示的时间为标准时，两者之间需要换算。

标准时是各个国家根据所处的地理位置和范围，划定所有地区的时间以某一中心子午线的时间为标准的时间。格林尼治天文台所在经度为零经度线（本初子午线），由此分别向东、西各分为 180°，称为东经和西经；每 15°划分为一个时区，每个时区中心子午线的时间即为该时区的标准时。我国是以东 8 区的中心子午线（东经 120°）为依据作为北京时间的标准。

地方平均太阳时和标准时的近似换算关系为：

$$T_0=T_m+4(L_0-L_m) \tag{17-59}$$

式中 L_m——地方时间子午圈所处的经度，单位为度；

L_0——标准时间子午圈所处的经度，单位为度；

$4(L_0-L_m)$——时差，单位为分。

（五）太阳位置的确定

1. 太阳高度角 h_s

（1）太阳高度角：太阳光线和地平面的夹角，单位为度。

（2）太阳高度角的计算：

$$\sin h_s=\sin\varphi\cdot\sin\delta+\cos\varphi\cdot\cos\delta\cdot\cos\Omega \tag{17-60}$$

式中 φ——当地纬度，单位为度；

δ——当天太阳赤纬角 δ，单位为度；

Ω——时角，单位为度。

(3) 特殊时刻的太阳高度角

日出、日没时：太阳高度角 h_s 为 0；

正午时：太阳高度角最大。

2. 太阳方位角 A_s

(1) 太阳方位角：太阳光线在地平面上的投影线与地平面正南方向所夹的角，单位为度。规定：

正南方向　$A_s=0$；

从正南方向顺时针（下午）$A_s>0$；

从正南方向逆时针（上午）$A_s<0$。

(2) 太阳方位角的计算

$$\cos A_s=\frac{\sin\varphi \cdot \sin h_s-\sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos h_s} \tag{17-61}$$

三、棒影图的原理及应用

(一) 棒影图的原理（图 17-17）

影的长度 L 和影的方位角 A_s 为：

$$L=H \cdot \cot h_s \tag{17-62}$$

$$A'_s=A_s+180° \tag{17-63}$$

式中　H——棒高，m；

A_s——太阳的方位角，deg。

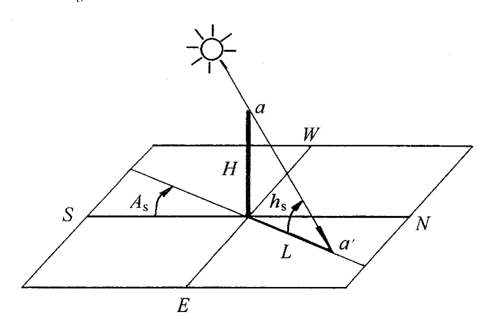


图 17-17　棒影图的原理

(二) 棒影图的应用

(1) 确定建筑物的阴影区；

(2) 确定室内的日照区；

(3) 确定建筑物的日照时间；

(4) 确定适宜的建筑间距和朝向；

(5) 确定遮阳尺寸。

第七节　建筑防热设计

一、热气候的类型及其特征

热气候的类型分为湿热气候和干热气候。热气候的特征见表 17-14。

热气候的类型　　**表 17-14**

气候参数	热气候的类型		共同特征	不同特征
	湿热气候	干热气候		
水平最高太阳辐射强度（W/m²）	930～1045		太阳辐射强	
日最高温度（℃）	34～39	38～40 以上	气温高且持续时间长	
温度日振幅（℃）	5～7	7～10	温度日相差不太大	
相对湿度（%）	75～95	10～55		相对湿度相差大
年降雨量（mm）	900～1700	<250		降雨量相差大
风	和风	热风		风的特征不同

二、室内过热的原因和防热的途径

（一）室内过热的原因

（1）在室外太阳辐射和高气温的作用下，通过外围护结构传入室内大量的热量导致围护结构内表面和室内空气温度升高；

（2）通过窗口进入的太阳辐射；

（3）周围地面和房屋将太阳辐射反射到建筑的墙面和窗口；

（4）不适当自然通风带入室内的热量；

（5）室内生产、生活产生的热量。

（二）防热的途径

1. 减弱室外热作用

减弱室外热作用的主要方法如合理确定建筑物的朝向，减少日晒面积；在建筑物的周围进行大量绿化，布置水面，改善建筑物周围的小气候；使用浅色处理围护结构的外表面，降低综合温度等。

2. 对外围护结构进行隔热和散热处理

对屋顶和外墙进行隔热和散热处理，减少通过外围护结构传入室内的热量。

3. 建筑遮阳

为外窗（透光幕墙）设置遮阳，阻挡直射阳光进入室内，减少对人体的辐射和室内墙面、地面及家具对辐射的吸收。

4. 合理组织房间的自然通风

组织好室内的自然通风，排除室内余热。特别是夜间的间歇通风有利于降低室温。

5. 利用自然能

利用自然能主要包括建筑外表面的长波辐射、夜间对流、被动蒸发冷却、地冷空调、太阳能降温等防用结合的措施。

三、夏季热工计算参数

（一）室内热工计算参数

1. 非空调房间：空气温度平均值应取室外空气温度平均值＋1.5K（$\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5$），并将其逐时化。温度波幅应取室外空气温度波幅－1.5K，并将其逐时化。

2. 空调房间：空气温度应取26℃。

3. 相对湿度应取60％。

（二）室外热工计算参数

1. 夏季室外计算温度逐时值：历年最高日平均温度中的最大值所在日的室外温度逐时值。

2. 夏季各朝向室外太阳辐射逐时值：与温度逐时值同一天的各朝向太阳辐射逐时值。

四、围护结构的隔热设计

夏季，围护结构的隔热设计采用一维非稳态方法计算，并应按房间的运行工况确定相应的边界条件。

（一）室外综合温度

夏季，在外围护结构一侧除了室外空气的热作用外，另一个不可忽略的热作用是照射在该表面的太阳辐射；室外综合温度是将这两者对外围护结构的作用综合而成的一个假想的室外气象参数，单位为K或℃。其定义式为：

$$t_{se}=t_e+\frac{I\cdot\rho_s}{\alpha_e} \qquad (17\text{-}64)$$

式中 t_{se}——室外综合温度，℃；

t_e——室外空气温度，℃；

I——投射到围护结构外表面的太阳辐射照度，W/m^2；

ρ_s——围护结构外表面的太阳辐射吸收系数，无量纲；

α_e——外表面换热系数，$W/(m^2\cdot K)$。

需要注意的是，室外综合温度也是周期性变化的。它不仅和气象参数（室外气温、太阳辐射）有关，而且还与外围护结构的朝向和外表面材料的性质有关。

例 17-10 （2005）关于夏季防热设计要考虑的“室外综合温度”，以下哪个说法是正确的？

A 一栋建筑只有一个室外综合温度

B 屋顶和四面外墙分别有各自的室外综合温度

C 屋顶一个，四面外墙一个，共有两个室外综合温度

D 屋顶一个，东西墙一个，南北墙一个，共有三个室外综合温度

提示：根据室外综合温度的定义，它与室外温度、所在朝向的太阳辐射照度，以及外饰面材料的太阳辐射吸收率有关。由于同一时刻屋顶和四面外墙上所受到的太阳辐射照度不同，使得屋顶和四面外墙的室外综合温度都不相同；因此，屋顶和四面外墙分别有各自的室外综合温度。

答案：B

（二）非透光围护结构隔热设计要求

在室外气温和太阳辐射的综合热作用下，外围护结构的内表面温度也随之呈现周期性变化。内表面温度太高，易造成室内过热，影响人体健康；因此，围护结构内表面温度成为衡量围护结构隔热水平的重要指标。

在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，外墙、屋面内表面最高温度应分别符合表 17-15 和表 17-16 的规定。

在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，外墙内表面最高温度限值　　表 17-15

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构（$D\geqslant2.5$）	轻质围护结构（$D<2.5$）
内表面最高温度 $\theta_{i\cdot max}$	$\leqslant t_{e\cdot max}$	$\leqslant t_i+2$	$\leqslant t_i+3$

在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，屋面内表面最高温度限值　　表 17-16

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构（$D\geqslant2.5$）	轻质围护结构（$D<2.5$）
内表面最高温度 $\theta_{i\cdot max}$	$\leqslant t_{e\cdot max}$	$\leqslant t_i+2.5$	$\leqslant t_i+3.5$

（三）非透光围护结构的隔热措施

1. 隔热侧重次序

根据外围护结构一侧综合温度的大小，外围护结构隔热的侧重点依次为屋顶、西墙、东墙、南墙和北墙。

2. 外墙隔热主要措施

（1）外饰面做浅色处理，如浅色粉刷、涂层和面砖等。

（2）提高围护结构的热惰性指标 D 值。

（3）可采用通风墙、干挂通风幕墙等。

（4）设置封闭空气间层时，可在空气间层平行墙面的两个表面涂刷热反射涂料、贴热反射膜或铝箔。当采用单面热反射隔热措施时，热反射隔热层应设置在空气温度较高一侧。

（5）采用复合墙体构造时，墙体外侧宜采用轻质材料，内侧宜采用重质材料，以便提高围护结构的热稳定性。

（6）墙体可做垂直绿化处理以遮挡阳光，或者采用淋水被动蒸发墙面加强散热。

（7）西向墙体可采用高蓄热材料与低热传导材料组合的复合墙体构造。

3. 屋面隔热主要措施

（1）屋面外表面做浅色处理

（2）增加屋面的热阻与热惰性

如用实体隔热材料层和封闭空气间层增加屋面的热阻与热惰性，减少屋面传热和温度波动的振幅。可采用有热反射材料层（热反射涂料、热反射膜、铝箔等）的空气间层隔热屋面。单面设热反射材料，应设在温度较高的一侧。

（3）采用通风隔热屋面

利用屋面内部通风及时带走白天上面传入的热量，有利于隔热；夜间利用屋面风道通风也可起散热降温作用。阁楼屋面也属于通风屋面。

通风屋面的设计要注意利用朝向形成空气流动的动力，通风屋面的风道长度不宜大于10m，通风间层高度应大于0.3m，间层内表面不宜过分粗糙（以便降低空气流动阻力），并应组织好气流的进、出路线。

采用带通风空气层的金属夹芯隔热屋面时，空气层厚度不宜小于0.1m。

屋面基层应做保温隔热层，檐口处宜采用导风构造，通风平屋面风道口与女儿墙的距离不应小于0.6m。

（4）采用蓄水屋面

利用水的热容量大，且水在蒸发时需要吸收大量的汽化热，从而大量减少传入室内的热量，降低屋面表面温度，达到隔热的目的。水深宜为0.15～0.2m，水面宜有浮生植物或白色漂浮物。

（5）采用种植屋面

植物可遮挡强烈的阳光，减少屋顶对太阳辐射的吸收；植物的光合作用将转化热能为生物能；植物叶面的蒸腾作用可增加蒸发散热量；种植植物的基质材料（如土壤）还可增加屋顶的热阻与热惰性。

种植屋面的保温隔热层应选用密度小、压缩强度大、导热系数小、吸水率低的保温隔热材料。

（6）采用淋水被动蒸发屋面。

（7）采用带老虎窗的通气阁楼坡屋面。

五、建筑遮阳

建筑遮阳指在建筑门窗洞口室外侧，与门窗洞口一体化设计的遮挡太阳辐射的构件。“建筑遮阳”也常被称为“建筑外遮阳”，或简称为“外遮阳”。

（一）遮阳的目的与要求

遮阳的目的是遮挡直射阳光，减少进入室内的太阳辐射，防止过热；避免眩光和防止物品受到阳光照射产生变质、褪色和损坏。

遮阳设计除了满足遮阳的要求外，还要兼顾与建筑立面协调、采光、通风、防雨、不阻挡视线等需求，并做到构造简单且经济耐用。

（二）遮阳的效果

使用遮阳可降低室温、防止眩光，但降低室内照度约53%～73%，影响通风，风速下降约22%～47%。

（三）遮阳系数

遮阳系数表示遮阳设施减少透光围护结构部件太阳辐射的程度。

1. 建筑遮阳系数 SC_s

在照射时间内，同一窗口（或透光围护结构部件外表面）在有建筑外遮阳和没有建筑外遮阳两种情况下，接收到的两个不同太阳辐射量的比值。

2. 透光围护结构遮阳系数 SC_w

在照射时间内，透过透光围护结构部件（如：窗户）直接进入室内的太阳辐射量与透光围护结构外表面接收到的太阳辐射量的比值。

3. 内遮阳系数 SC_c

在照射时间内，透射过内遮阳的太阳辐射量和内遮阳接收到的太阳辐射量的比值。

4. 综合遮阳系数 SC_T

建筑遮阳系数和透光围护结构遮阳系数的乘积。

“综合遮阳系数”表示了组成窗口（或透光围护结构）各构件的综合遮阳效果，包括各种建筑遮阳、窗框、玻璃对太阳辐射的综合遮挡作用。因此，它是防热设计的一个重要指标。

遮阳系数越小，遮阳效果越好；遮阳系数越大，遮阳效果越差。

（四）遮阳的基本形式

1. 水平式：适合 h_s大，从窗口上方来的太阳辐射（南向）；
2. 垂直式：适合 h_s较小，从窗口侧方来的太阳辐射（东北、西北）；
3. 组合式：适合 h_s中等，窗前斜方来的太阳辐射（东南、西南）；
4. 挡板式：适合 h_s较小，正射窗口的太阳辐射（东、西）。

遮阳形式的选择主要根据气候特点和朝向来考虑，注意利用绿化或结合建筑构件的处理来解决遮阳问题。

例 17-11 （**2010**）指出下述哪类固定式外遮阳的设置符合“在太阳高度角较大时，能有效遮挡从窗口上方投射下来的直射阳光，宜布置在北回归线以北地区南向及接近南向的窗口”的要求？

A 水平式遮阳　　B 垂直式遮阳

C 横百叶挡板式遮阳　　D 竖百叶挡板式外遮阳

提示： 根据太阳高度角和方位角判断进入窗口的太阳光线，水平式遮阳主要适用于遮挡太阳高度角大、从窗口上方来的阳光，而在北回归线以北地区南向及接近南向的窗口的正属于此种情况，因此宜选择水平式固定外遮阳。

答案： A

（五）遮阳的类型

1. 固定遮阳

通常与建筑本身融为一体，如利用外挑遮阳板遮阳或阳台、走廊、雨篷等建筑构件的遮阳作用，设计时应进行夏季太阳直射轨迹分析，确定固定遮阳的形式和安装位置。

2. 活动遮阳

是固定在窗口并可根据需求，自由控制工作状况的遮阳设施。外置式如遮阳卷帘、活动百叶遮阳、遮阳篷、遮阳纱幕等；内置式如百叶窗帘、垂直窗帘、卷帘等；中置式遮阳的设施通常位于双层玻璃的中间，和窗框及玻璃组合成为整扇窗户。

建筑门窗洞口的遮阳宜优先选用活动式建筑遮阳。活动遮阳宜设置在室外侧，有利于遮阳构件的散热。

（六）遮阳板的构造设计

1. 遮阳的板面组合与板面构造

在满足遮挡直设阳光的前提下，可使用不同的板面组合以减小遮阳板的挑出长度。遮阳板的板面构造可以是实心的、百叶形或蜂窝形。为了便于热空气的散逸，减少对通风、采光、视野的影响，后两种构造比较适宜。

2. 遮阳板的安装位置

遮阳板的安装位置对防热和通风影响很大。遮阳板应离开墙面一定距离安装，以使热空气能够沿墙面排走；并注意板面应能减少挡风，最好能起导风作用。

3. 板面的材料和颜色

遮阳板的材料以轻质材料为宜，要求坚固耐用。遮阳板的向阳面应浅色发亮，以加强表面对阳光的反射；背阳面应较暗、无光泽，以避免产生眩光。

（七）透光围护结构的隔热设计

1. 透光围护结构隔热要求

夏季通过透光围护结构进入室内的太阳辐射热导致室内过热，构成夏季室内空调的主要负荷。为减少室内太阳辐射得热，透光围护结构太阳得热系数与夏季建筑遮阳系数的乘积宜小于表 17-17 规定的限值。

透光围护结构太阳得热系数与夏季建筑遮阳系数乘积的限值　　表 17-17

气候区	朝向			
	南	北	东、西	水平
寒冷 B 区	—	—	0.55	0.45
夏热冬冷 A 区	0.55	—	0.50	0.40
夏热冬冷 B 区	0.50	—	0.45	0.35

续表

气候区	朝向			
	南	北	东、西	水平
夏热冬暖A区	0.50	—	0.40	0.30
夏热冬暖B区	0.45	0.55	0.40	0.30

对于非透光的建筑幕墙，应在幕墙面板的背后设置保温材料，保温材料层的热阻应满足墙体的保温要求，且不应小于1.0 $[(m^2 \cdot K)/W]$。

2. 透光围护结构的太阳得热系数 *SHGC*

透光围护结构太阳得热系数：在照射时间内，通过透光围护结构部件（如：窗户）的太阳辐射室内得热量与透光围护结构外表面接收到的太阳辐射量的比值。

门窗、幕墙太阳得热系数 *SHGC* 按下式计算：

$$SHGC = \frac{\sum g \cdot A_g + \sum \rho_s \cdot \frac{K}{\alpha_e} \cdot A_f}{A_w} \tag{17-65}$$

式中 *SHGC*——门窗、幕墙的太阳得热系数，无量纲；

g——门窗、幕墙中透光部分的太阳辐射总透射比，无量纲，典型玻璃系统的太阳辐射总透射比见《热工规范》附录表C.5.3-3；其他应按《建筑玻璃可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》GB/T 2680的规定计算；

ρ_s——门窗、幕墙中非透光部分的太阳辐射吸收系数，无量纲；

K——门窗、幕墙中非透光部分的传热系数，$W/(m^2 \cdot K)$；

α_e——外表面对流换热系数，$W/(m^2 \cdot K)$；

A_g——门窗、幕墙中透光部分的面积，m^2；

A_f——门窗、幕墙中非透光部分的面积，m^2；

A_w——门窗、幕墙的面积，m^2。

例 17-12 **(2007)**《公共建筑节能设计标准》GB 50189限制外墙上透明部分不应超过该外墙总面积的70%，其主要原因是：

A 玻璃幕墙存在光污染问题

B 玻璃幕墙散热大

C 夏季透过玻璃幕墙进入室内的太阳辐射非常大

D 玻璃幕墙造价高

提示：外墙上透明部分（包括窗户和玻璃幕墙）由于其本身的功能和构造特点，窗户和玻璃幕墙的传热系数很高，例如，单玻铝合金窗的传热系数为6.4W/m²，双玻铝合金中空窗（16mm）的传热系数为3.6W/m²，都是墙体的数倍，这使得外墙上透明部分成为最容易传热的部分。据有关统计，通过窗户损失的热量约占建筑能耗的46%；因此，在保证建筑自然采光的前提下，控制窗墙比是减少冬季采暖和夏季空调能耗的最有效手段。

答案：B

3. 建筑遮阳系数的计算

(1) 水平遮阳和垂直遮阳的建筑遮阳系数

$$SC_s = (I_D \cdot X_D + 0.5I_d \cdot X_d)/I_0 \tag{17-66}$$

$$I_0 = I_D + 0.5I_d \tag{17-67}$$

式中 SC_s——建筑遮阳的遮阳系数，无量纲；

I_D——门窗洞口朝向的太阳直射辐射，W/m^2；

X_D——遮阳构件的直射辐射透射比，无量纲，应按《热工规范》附录C第C.8节的规定计算；

I_d——水平面的太阳散射辐射，W/m^2；

X_d——遮阳构件的散射辐射透射比，无量纲，应按《热工规范》附录C第C.9节的规定计算；

I_0——门窗洞口朝向的太阳总辐射，W/m^2。

计算遮阳构件的直射辐射透射比需要具备以下条件：

1) 太阳位置：太阳高度角和太阳方位角；

2) 门窗洞口的朝向和尺寸：壁面方位角、窗口高度和宽度；

3) 遮阳板的挑出长度和倾斜角。

(2) 组合遮阳系数

应为同时刻的水平遮阳与垂直遮阳建筑遮阳系数的乘积。

(3) 挡板遮阳的建筑遮阳系数

$$SC_s = 1-(1-\eta)(1-\eta^*) \tag{17-68}$$

式中 η——挡板的轮廓透光比，无量纲，应为门窗洞口面积扣除挡板轮廓在门窗洞口上阴影面积后的剩余面积与门窗洞口面积的比值；

η^*——挡板材料的透射比，无量纲，应按《热工规范》表9.1.3的规定确定。

(4) 百叶遮阳的建筑遮阳系数

$$SC_s = E_\tau/I_0 \tag{17-69}$$

式中 E_τ——通过百叶系统后的太阳辐射，W/m^2，应按《热工规范》附录C第C.10节的规定计算。

4. 透光围护结构隔热措施

(1) 建筑设计应综合考虑外廊、阳台、挑檐等的遮阳作用。

(2) 建筑物的向阳面，东、西向外窗（透光幕墙），应采取有效的遮阳措施，如设置固定式遮阳板和活动外遮阳。

(3) 房间天窗和采光顶应设置建筑遮阳；并宜采取通风和淋水或喷雾装置，排除天窗顶部的热空气，降低天窗和采光顶的温度。

(4) 利用玻璃自身的遮阳性能，阻断部分阳光进入室内。遮阳性能好的玻璃常见的有吸热玻璃、热反射玻璃、低辐射玻璃，如着色玻璃、遮阳型单片Low-E玻璃、着色中空玻璃、热反射中空玻璃、遮阳型Low-E中空玻璃等。

六、自然通风的组织

(一) 影响自然通风的因素

1. 空气压力差

造成空气压力差的主要原因是：

（1）风压作用：风作用在建筑面上产生的风压差。

（2）热压作用：室内外空气温差所导致的空气密度差和开口高度差产生的压力差。

2. 风向投射角

风向投射角 α：风向投射线与墙面法线的夹角。风向投射角越小，对房间的自然通风越有利。但需要注意，风向投射角小时，由于屋后的漩涡区较大，对多排建筑就需要很大的间距。从保证自然通风和节地的综合考虑，风向和建筑物应有一定的风向投射角。表17-18 表示了风向投射角对流场的影响，其中 H 为建筑物的高度。

风向投射角对流场的影响 **表 17-18**

风向投射角 α	屋后漩涡区深度	室内风速降低值（%）
0°	$3.75H$	0
30°	$3H$	13
45°	$1.5H$	30
60°	$1.5H$	50

例 17-13 （2009） 某办公建筑内设通风道进行自然通风，下列哪项不是影响其热压自然通风效果的因素？

A 出风口高度　　B 外墙的开窗率

C 通风道面积　　D 风压大小

提示： 影响热压的因素是室内外空气温差和进、出口之间的高度差，与风压无关。

答案： D

（二）自然通风的要求

1. 民用建筑应优先采用自然通风。

2. 建筑的平、立、剖面设计，空间组织和门窗洞口的设置应充分考虑为自然通风创造条件，有利于引风入室、组织合理的通风路径。

3. 室内受平面布局限制无法形成通风路径时，宜设置辅助通风装置。

4. 室内的管路、设备等不应妨碍建筑的自然通风。

（三）自然通风的组织

1. 建筑设计

（1）朝向

首先要争取房间的自然通风。建筑宜朝向夏季、过渡季节主导风向。建筑朝向与主导风向的夹角：条形建筑不宜大于 30°，点式建筑宜为 30°～60°。

建筑朝向的确定还需综合考虑防止太阳辐射和防止暴风雨袭击。

（2）间距及建筑群的布局

建筑之间不宜相互遮挡。一方面根据风向投射角确定合理的间距，另一方面通过选择建筑群的布局以达到减小间距的目的。建筑群的平面布局形式有行列式（其中又分为并列式、错列式和斜列式）、周边式和自由式；从通风效果来看，错列式、斜列式较并列式、周边式为好。

在主导风向上游的建筑底层宜架空。

(3) 进深

仅用自然通风的居住建筑，户型进深不应超过 12m；

公共建筑进深不宜超过 40m，进深超过 40m 时应设置通风中庭或天井。

(4) 立面

对单侧通风，迎风面体形凹凸变化对通风效果有影响。凹口较深及内折的平面形式更有利于单侧通风。可以增强迎风面上建筑构件体形的凹凸变化，或设置凹阳台以达到增强自然通风的效果。

2. 室内通风路径的组织

通风开口包括可开启的外窗和玻璃幕墙、外门、外围护结构上的洞口。通风开口面积越大，越有利于自然通风。

(1) 开口方向

进风口的洞口平面与主导风向间的夹角不应小于 45°，否则宜设置引风装置。

采用单侧通风时，通风窗与夏季或过渡季节典型风向之间的夹角应为 45°～60°。

(2) 开口位置

开口位置将决定室内流场分布。开口位置设在中央，气流直通对流场，分布均匀有利；当开口偏在一侧时，容易使气流偏移，导致部分区域有涡流现象，甚至无风。

合理设置进、排风口的位置，充分利用空气的风压和热压，利用室内开敞空间、走道、室内房间的门窗、多层的共享空间或者中庭，组织室内通风路径，并使室内通风路径布置均匀。理想的结果是在建筑内形成穿堂风。

人流密度大或发热量大的场所布置在主通风路径上游，反之布置在下游。

(3) 开口面积

开口面积的大小既对室内流场分布的大小有影响，同时也对室内空气流速有影响。开口面积大时，流场分布大，气流速度较小；缩小开口面积，流速增加，但流场分布缩小。

只要控制排风口、通风路径的面积不小于进风口面积，就可以将所需最小风量的通风风速控制在合理范围之内，以确保通风效果。

(4) 设置简单的辅助通风装置

当出现通风“短路”、“断路”的情况，可在房间中的关键节点设置简单的辅助通风装置。如在通风路径的进、出口处设置风机，在隔墙、内门上设置通风百叶等，改变气流方向，调整气流分布。

(5) 设置竖向风道

对有些进深很大的建筑（如大型商场、高层建筑的裙房），需要设置竖向风道以增加风压的作用。建筑的中庭、天井均是良好的自然通风竖向风道，在空间上应与外窗、外门以及主要功能空间相连通，并应在上部设置启闭方便的排风窗（口）。

3. 门窗装置

门窗装置对室内通风影响很大，窗扇的开启角度是否合适可起到导风或挡风的作用。增大开启角度，可改善通风效果。

4. 电扇调风

利用房间设置的吊扇、壁扇、摆扇等，可以调节室内风场分布，增加室内空气流速，

提高人体的热舒适感，并有效节约空调能耗。

5. 利用绿化改变气流状况

室外成片的绿化能对室外气流起阻挡和导流作用。合理的绿化布置可以改变建筑周围的流场分布，引导气流进入室内。

七、自然能源利用与防热降温

（一）太阳能降温

使用太阳能空调，但目前尚未普及。或者将用于热水和采暖的太阳能集热器置于屋顶或阳台护栏上，遮挡部分屋面和外墙，起到间接降温的目的。

（二）夜间通风——对流降温

全天持续自然通风并不能达到降温目的。而改用间歇通风，即白天（特别是午后）关闭门窗、限制通风，可避免热空气进入，遏制室内温度上升，减少蓄热；夜间则开窗，利用自然通风或小型通风扇（效果更佳），让室外相对干、冷的空气穿越室内，可达到散热降温的效果。

（三）地冷空调

夏季，地下温度总是低于室外气温。可在地下埋入管道，让室外空气流经地下管道降温后再送入室内的冷风降温系统，既降低室温，又节约能源。

（四）被动蒸发降温

利用水的汽化潜热大的特点，在建筑物的外表面喷水、淋水、蓄水，或用多孔含湿材料保持表面潮湿，使水蒸发而获得自然冷却的效果。

（五）长波辐射降温

夜间建筑外表面通过长波辐射向天空散热，采取措施可强化降温效果。如白天使用反射系数大的材料覆盖层以减少太阳的短波辐射，夜间收起，或者使用选择性材料涂刷外表面。

第八节　建　筑　节　能

节约能源和环境保护是我国的基本国策，是建设节约型社会的根本要求。从 1986 年起，根据建筑节能的需求，住房和城乡建设部先后颁布实施了有关严寒和寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区的居住建筑节能设计标准和适用于各地区的公共建筑节能设计标准，以后又陆续对这些标准进行补充和修订。这些标准成为建筑节能设计的重要依据，对建筑节能设计具有科学的指导意义。

一、居住建筑节能设计标准

由于居住建筑数量巨大，能源浪费严重，因此居住建筑的节能始终是建筑节能的重中之重。居住建筑节能设计标准的认真实施，保证了在改善居住建筑的热环境的同时，提高了暖通空调系统的能源利用效率，从根本上扭转我国居住建筑用能严重浪费的状况。

本节仅对各居住建筑节能设计标准所涉及的范围、节能评价指标、相关的重要术语以及和建筑、建筑热工节能设计有关的部分进行介绍。

（一）《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010

该标准的前身是 1986 年发布实施的行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑

部分）》JGJ 26—86，1995 年第一次修订后为《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ 26—95，再次修订后 2010 年发布时更名为《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010，修订后的新标准较前有了比较大的变动，于 2010 年 8 月 1 日起实施。

1. 适用范围

本标准适用于严寒和寒冷地区居住建筑的建筑节能设计。居住建筑包括采用和尚未采用采暖或空调的居住建筑，其中包括住宅、集体宿舍、住宅式公寓、商住楼的住宅部分、托儿所、幼儿园等；采暖方式包括采用煤、电、油、气或地热等自然能源，使用集中或分散供热的热源。本标准对建筑采暖用能的节约做出了明确的规定，至于占能耗一小部分的照明节能，在《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 中另有规定。

2. 术语

（1）采暖度日数（*HDD*18）　heating degree day based on 18℃

一年中，当某天室外日平均温度低于 18℃时，将该日平均温度与 18℃的差值乘以 1d，并将此乘积累加，得到一年的采暖度日数。

（2）空调度日数（*CDD*26）　cooling degree day based on 26℃

一年中，当某天室外日平均温度高于 26℃时，将该日平均温度与 26℃的差值乘以 1d，并将此乘积累加，得到一年的空调度日数。

（3）计算采暖期天数（Z）　heating period for calculation

采用滑动平均法计算出的累年日平均温度低于或等于 5℃的天数，单位：d。仅供建筑节能设计计算时使用。

（4）计算采暖期室外平均温度（t_e）　mean outdoor temperature during heating period

计算采暖期室外日平均温度的算术平均值。

（5）建筑物耗热量指标（q_H）　index of heat loss of building

在计算采暖期室外平均温度条件下，为保持室内设计计算温度，单位建筑面积在单位时间内消耗的、需由室内采暖设备供给的热量，单位：W/m^2。

（6）围护结构传热系数（K）　heat transfer coefficient of building envelope

在稳态条件下，围护结构两侧空气温差为 1℃，在单位时间内通过单位面积围护结构的传热量，单位：$W/(m^2 \cdot K)$。

（7）围护结构传热系数的修正系数　modification coefficient of building envelope

考虑太阳辐射对围护结构传热的影响而引进的修正系数。

（8）外墙平均传热系数　mean heat transfer coefficient of external wall

考虑了墙上存在的热桥影响之后得到的外墙传热系数。

（9）建筑体形系数（S）　shape factor

建筑物与室外大气接触的外表面积与其所包围的体积的比值。外表面积中，不包括地面和不采暖楼梯间内墙和户门的面积。

（10）窗墙面积比　window to wall ratio

窗户洞口面积与房间立面单元面积（即建筑层高与开间定位线围成的面积）的比值。

3. 节能设计标准的要求

严寒和寒冷地区居住建筑的建筑热工和暖通设计必须采取节能措施，在保证室内热环境的前提下，将建筑热工和采暖能耗控制在规定的范围内。

严寒和寒冷地区的建筑，以各地 1980～1981 年住宅通用设计，4 个单元 6 层楼，体形系数为 0.30 左右的建筑物的耗热量指标计算值，经线性处理后的数据作为基准能耗。要求居住建筑全年的采暖能耗在此基准能耗值的基础上通过对建筑、热工、暖通系统采取节能措施，达到降低 65%的节能目标。

有两种方法能够确定设计的居住建筑是否符合节能设计标准的要求：

方法一是设计时严格按照标准的规定去做，特别是全部满足强制性条文的规定，就可以认定该建筑能够满足节能标准的要求，无须计算所设计建筑物的节能率是多少。

方法二是进行围护结构热工性能的权衡判断。考虑到实际建筑的复杂性和多样化，当所设计建筑的某一部分的热工性能不能满足强制性条文的规定时，允许通过提高另一部分热工性能的途径来弥补。权衡判断就是以建筑物的耗热量指标为依据，考虑围护结构的总体热工性能是否符合节能设计的要求。

4. 室内热环境计算参数

（1）严寒和寒冷地区居住建筑节能设计的气候分区

修订后的标准改变了以前节能设计仅用温度指标作为衡量当地冷热程度的思想，改用采暖度日数 *HDD*18 和空调度日数 *CDD*26 衡量当地寒冷和炎热的程度，并以此作为划分气候分区的依据。这是基于建筑节能设计标准的目的在于控制采暖和空调降温的能耗，而采暖和空调的能耗除了与温度的高低有关外，还与低温和高温持续的时间长短有着密切的关系。采暖度日数指标正是包含了冷的程度和冷持续的时间长度两个因素，用它作为分区的依据更能科学地将采暖能耗相同的地区划在同一个气候分区，从而要求属于同一分区的居住建筑在其建筑围护结构热工性能上都须达到相同的节能要求。此外，修订后的标准还将严寒和寒冷地区进一步细分成 5 个气候子区，以便有层次的区别本气候区内的冷暖程度，进而对建筑围护结构热工性能提出更合理的要求。

（2）室内热环境计算参数

冬季采暖室内计算温度取 18℃；

冬季采暖计算换气次数取 0.5 次/h。

虽然影响室内热环境质量的因素包括温度、湿度、风速、壁面平均温度等多项指标。但对人体的舒适以及对采暖能耗影响最大的是温度指标，在一般住宅极少配备集中空调系统的情况下，湿度、风速等参数实际上无法控制；因此，本标准只提出冬季室温控制在 18℃，基本达到了热舒适的水平。

由于北方地区冬季寒冷，住宅很少长时间开窗通风，从人体卫生角度考虑，必须要求有一定的室外新鲜空气进入室内才能确保室内的卫生条件。但冷空气过多地进入室内势必增加采暖的能耗。因此，适度控制换气指标是必需的。

5. 建筑与围护结构热工设计

（1）朝向与布局

建筑群的规划设计，建筑单体的平、立面设计和门窗的设置应尽可能设在避风向阳地段，朝向宜采用南北向或接近南北向，以便有效地利用冬季日照，主要房间宜避开冬季主导风向，减少冷风渗透。

建筑朝向的范围为：北（北偏东 60°至偏西 60°）；东、西（东或西偏北 30°至偏南 60°）；南（南偏东 30°至偏西 30°）。

(2) 体形系数

体形系数的大小对建筑能耗的影响非常明显。从建筑节能的角度来说，建筑物的平、立面不应出现过多的凹凸，体形系数越小，单位建筑面积对应的外表面积越小，通过外围护结构的传热损失越小。但是，体形系数过小，势必制约建筑师的创造性，影响建筑的外观、平面布局、采光通风等；因此需要权衡利弊，统筹考虑。

作为标准的强制性条文，严寒和寒冷地区建筑物的体形系数必须满足表 17-19 的规定，若体形系数超过限值，则要求提高建筑围护结构的保温性能，并按照标准的要求进行围护结构热工性能的权衡判断。

严寒和寒冷地区居住建筑的体形系数限值 **表 17-19**

	建筑层数			
	≤3 层	(4～8 层)	(9～13) 层	≥14 层
严寒地区	0.50	0.30	0.28	0.25
寒冷地区	0.52	0.33	0.30	0.26

例 17-14 (2012)《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》中居住建筑体形系数限值是按照建筑层数划分的，下列哪项是正确的划分依据？

A ≤3 层，4～8 层，≥9 层

B ≤3 层，4～6 层，7～12 层，≥13 层

C ≤3 层，4～8 层，9～13 层，≥14 层

D ≤3 层，4～6 层，7～19 层，≥20 层

提示：《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010 规定，居住建筑体形系数按照层数划分，划分依据为≤3 层，4～8 层，9～13 层，≥14 层。

答案： C

(3) 窗墙面积比

各个朝向窗墙面积比是指不同朝向外墙面上的窗、阳台门的透明部分的总面积与所在朝向建筑的外墙面的总面积（包括该朝向上的窗、阳台门的透明部分的总面积）之比。由于窗户本身的功能和构造特点，它的传热系数往往数倍于外墙；窗墙面积比越大，采暖能耗也越大。因此，从降低建筑能耗的角度出发，必须限制窗墙面积比（表 17-20）。超过限值者，也需进行围护结构热工性能的权衡判断。

严寒和寒冷地区居住建筑的窗墙面积比限值 **表 17-20**

朝向	窗墙面积比	
	严寒地区	寒冷地区
北	0.25	0.30
东、西	0.30	0.35
南	0.45	0.50

(4) 楼梯间与外走廊

楼梯间及外走廊与室外连接的开口处应设置能够密闭的窗或门，严寒（A）、（B）区的楼梯间宜采暖，采暖楼梯间的外墙和外窗应采取保温措施。

（5）建筑围护结构的热工设计

1）围护结构的热工性能

在严寒和寒冷地区，采暖期室内外温差传热的热量损失占主要地位，建筑围护结构的热工性能的好坏直接影响居住建筑采暖能耗，必须予以严格的控制。

根据建筑所处城市的气候分区区属不同，建筑围护结构的热工性能参数［传热系数、周边地面和地下室外墙的保温材料层热阻、寒冷（B）区外窗综合遮阳系数］不应超过相应气候子区围护结构热工性能参数限值表中规定的限值。严寒和寒冷地区的围护结构热工性能限值示例分别见表 17-21、表 17-22 和表 17-23。如果不满足规定的限值要求，必须按照标准的规定进行围护结构热工性能的权衡判断。注意，外墙的传热系数是考虑了热桥影响后计算得到的平均传热系数。

严寒（A）区围护结构热工性能参数限值　　表 17-21

围护结构部位		传热系数 K [W/（m^2·K）]		
		≤3 层建筑	4～8 层的建筑	≥9 层建筑
屋面		0.20	0.25	0.25
外墙		0.25	0.40	0.50
架空或外挑楼板		0.30	0.40	0.40
非采暖地下室顶板		0.35	0.45	0.45
分隔采暖与非采暖空间的隔墙		1.2	1.2	1.2
分隔采暖与非采暖空间的户门		1.5	1.5	1.5
阳台门下部门芯板		1.2	1.2	1.2
外窗	窗墙面积比≤0.2	2.0	2.5	2.5
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	1.8	2.0	2.2
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	1.6	1.8	2.0
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	1.5	1.6	1.8
围护结构部位		保温材料层热阻 R [（m^2·K）/W]		
周边地面		1.70	1.40	1.10
地下室外墙（与土壤接触的外墙）		1.80	1.50	1.20

寒冷（A）区围护结构热工性能参数限值　　表 17-22

围护结构部位		传热系数 K [W/（m^2·K）]		
		≤3 层建筑	4～8 层的建筑	≥9 层建筑
屋面		0.35	0.45	0.45
外墙		0.45	0.60	0.70
架空或外挑楼板		0.45	0.60	0.60
非采暖地下室顶板		0.50	0.65	0.65
分隔采暖与非采暖空间的隔墙		1.5	1.5	1.5
分隔采暖与非采暖空间的户门		2.0	2.0	2.0
阳台门下部门芯板		1.7	1.7	1.7
外窗	窗墙面积比≤0.2	2.8	3.1	3.1
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	2.5	2.8	2.8
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	2.0	2.5	2.5
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	1.8	2.0	2.3
围护结构部位		保温材料层热阻 R [（m^2·K）/W]		
周边地面		0.83	0.56	—
地下室外墙（与土壤接触的外墙）		0.91	0.61	—

寒冷（B）区外窗综合遮阳系数限值 表 17-23

围护结构部位		遮阳系数 SC（东、西向/南、北向）		
		≤3 层建筑	4～8 层的建筑	≥9 层建筑
外窗	窗墙面积比≤0.2	—/—	—/—	—/—
	0.2＜窗墙面积比≤0.3	—/—	—/—	—/—
	0.3＜窗墙面积比≤0.4	0.45/—	0.45/—	0.45/—
	0.4＜窗墙面积比≤0.5	0.35/—	0.35/—	0.35/—

2）外窗（门）部位的设计

①门窗的气密性

根据国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106—2008 中的规定，在标准状态下，压力差为 10Pa 时，气密性 4 级要求为每小时每米开启缝长的空气渗透量为 $2.5 \geq q_1 > 2.0[m^3/(m \cdot h)]$，且每小时每平方米面积的空气渗透量为 $7.5 \geq q_2 > 6.0[m^3/(m^2 \cdot h)]$；6 级要求为 $1.5 \geq q_1 > 1.0[m^3/(m \cdot h)]$，$4.5 \geq q_2 > 3.0[m^3/(m^2 \cdot h)]$。

为减少冬季室外空气过多地向室内渗漏，对外窗及敞开式阳台门的气密性要求为：

严寒地区：不应低于 6 级。

寒冷地区：1～6 层不应低于 4 级，7 层及 7 层以上不应低于 6 级。

②外窗遮阳

夏季，通过窗口进入室内的太阳辐射将增加室内得热，成为空调降温的冷负荷。在寒冷（B）区，由于其夏季室外太阳辐射比较强烈，因此，需要对空调负荷大的建筑的外窗（包括阳台的透明部分）设置外部遮阳，以有效减少进入室内的太阳辐射。设置遮阳后，外窗的综合遮阳系数应不大于表 17-23 规定的限值。外窗的综合遮阳系数等于窗本身的遮阳系数与外遮阳的遮阳系数的乘积。

③凸窗设置

严寒地区的所有朝向和寒冷地区的北向不应设置凸窗。因为这些地区冬季室内外温差大，凸窗容易发生结露，出现淌水、长霉等问题。设置凸窗时，凸窗凸出（从外墙面至凸窗外表面）不应大于 400mm。凸窗的传热系数限值应比普通窗降低 15%，且其不透明的顶部、底部、侧面的传热系数应小于或等于外墙的传热系数。

④外窗（门）洞口部位的保温处理

外窗（门）框与外墙之间的缝隙应采用高效保温材料填堵，不得采用普通水泥砂浆补缝。

外窗（门）洞口室外部分的侧墙面应作保温处理，避免洞口室内部分的侧墙面产生结露。

3）封闭式阳台的保温

阳台和直接连通的房间之间应设置隔墙和门、窗；否则，应将阳台作为所连通房间的一部分，要求阳台与室外空气接触的墙板、顶板、地板、门窗的传热系数和阳台的窗墙面积比均需满足上述相应气候分区传热系数限值表和窗墙面积比限值表的规定。

如果阳台和直接连通的房间之间设置了隔墙和门、窗，但其传热系数没有达到规定的限值，则要求：

① 阳台和室外空气接触的墙板、顶板、地板的传热系数不得大于规定限值的120%；

② 严寒地区阳台窗的传热系数不得大于2.5W/（m^2·K）；

③ 寒冷地区阳台窗的传热系数不得大于3.1W/（m^2·K）；

④ 阳台外表面的窗墙面积比不得大于60%；

⑤ 阳台和直接连通的房间隔墙的窗墙面积比必须满足表17-14的限值要求。

4）围护结构热桥部位的保温

围护结构热桥部位的内表面发生结露会影响室内卫生环境的质量，同时也是热量大量流失的部位，应对外墙与屋面可能出现热桥的部位进行验算，保证它的内表面温度在室内空气设计温、湿度条件下不低于露点温度。并采取特殊保温措施，加强热桥部位的保温。

5）底层地坪以及与地坪接触的周边外墙应采用良好的保温防潮措施

在严寒和寒冷地区，与土壤接触的周边地面以及高于地面几十厘米的周边外墙（特别是墙角）由于受二维、三维传热的影响，表面温度较低，既造成大量的热量损失，又容易发生返潮、结露现象。因此，即使没有地下室，也应该将外墙外侧的保温延伸到地坪以下，以提高其内表面温度。

（二）《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2010

《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2001作为行业标准发布于2001年，于2001年10月1日开始实施。本次补充修订后为《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2010，于2010年8月1日起实施。

1. 适用范围

该标准适用于夏热冬冷地区新建、改建和扩建居住建筑的建筑节能设计。其中包括住宅、集体宿舍、住宅式公寓、商住楼的住宅部分、托儿所、幼儿园等。

2. 术语

（1）热惰性指标（D）　index of thermal inertia

表征围护结构抵御温度波动和热流波动能力的无量纲指标，其值等于各构造层材料热阻与蓄热系数的乘积之和。

（2）空调采暖年耗电量（EC）　annual cooling and heating electricity consumption

按照设定的计算条件，计算出的单位建筑面积空调和采暖设备每年所要消耗的电能。

（3）窗的综合遮阳系数（SC_W）　overall shading coefficient of window

考虑窗本身和窗口的建筑外遮阳装置综合遮阳效果的一个系数，其值等于窗本身的遮阳系数（SC_C）与窗口的建筑外遮阳系数（SD）的乘积。

（4）典型气象年（TMY）　typical meteorological year

以近10年的月平均值为依据，从近10年的资料中选取一年各月接近10年的平均值作为典型气象年。由于选取的月平均值在不同的年份，资料不连续，还需要进行月间平滑处理。

（5）参照建筑　reference building

参照建筑是一种符合节能标准要求的假想建筑。作为围护结构热工性能综合判断时，与设计建筑相对应的，计算全年采暖和空气调节能耗的比较对象。

3. 节能设计标准的要求

夏热冬冷地区居住建筑的建筑热工和暖通空调设计必须采取节能设计，在保证室内热环境的前提下，将采暖和空调能耗控制在规定的范围内，即达到节能居住建筑全年的采暖、空调总能耗降低50%的节能目标。

也有两种方法可确定设计的居住建筑是否符合本节能设计标准的要求：

方法一是设计时严格按照标准规定的条文设计，即可认定所设计的建筑满足节能要求。

方法二是在不能满足强制性条文的规定时，要求进行围护结构热工性能的综合判断。就是按照标准规定的计算条件对所设计的建筑进行计算，求出其空调和采暖的年耗电量，并与参照建筑在同样条件下的空调和采暖的年耗电量进行比较，不超过者为满足节能要求。参照建筑的形状、大小、内部的房间划分与实际所设计的建筑完全一致，计算参数按标准的规定取值。

4. 室内热环境设计计算指标

(1) 冬季采暖室内热环境设计计算指标应符合下列规定：

卧室、起居室室内设计温度应取18℃；

换气次数应取1.0次/h。

(2) 夏季空调室内热环境设计计算指标应符合下列规定：

卧室、起居室室内设计温度应取26℃；

换气次数应取1.0次/h。

5. 建筑与围护结构热工设计

(1) 朝向与布局

建筑群的规划设计，建筑单体的平、立面设计和门窗的设置应有利于自然通风。在春秋季和夏季凉爽时段，组织好建筑物室内外的自然通风，不仅可以降低建筑物的实际使用能耗，而且有利于改善室内热舒适程度。

夏热冬冷地区建筑物的朝向宜采用南北向或接近南北向，以便有效地利用冬季日照，同时在夏季也可以大量减少太阳辐射得热。

(2) 体形系数

作为标准的强制性条文，夏热冬冷地区建筑物的体形系数必须满足表17-24的规定，若体形系数超过限值，则要求进行围护结构热工性能的综合判断。

夏热冬冷地区居住建筑的体形系数限值　　表17-24

建筑层数	3层	(4～11) 层	≥12层
建筑的体形系数	0.55	0.40	0.35

(3) 建筑围护结构的热工设计

1) 围护结构的热工性能

在夏热冬冷地区，室内外温差传热既影响夏季的空调负荷，又影响冬季的采暖负荷，必须严格控制围护结构传热系数。但由于夏热冬冷地区建筑的围护结构在夏季受到的是室外周期性不稳定热作用，仅考虑稳定传热下围护结构传热性能的传热系数是不全面的，还应该考虑周期性不稳定状态下表征围护结构热稳定性的热惰性指标 D，因为它反映了围护

结构抵抗温度波和热流波在其内的传播能力，热惰性指标越大，围护结构抵抗温度波动的能力越强。

夏热冬冷地区建筑围护结构传热系数和热惰性指标的限值见表 17-25。

夏热冬冷地区建筑围护结构各部分的传热系数 *K* 和热惰性指标 *D* 的限值　表 17-25

围护结构部位		传热系数 K[W/(m^2·K)]	
		热惰性指标 $D\leqslant 2.5$	热惰性指标 $D>2.5$
体形系数≤0.40	屋面	0.8	1.0
	外墙	1.0	1.5
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	1.5	
	分户墙、楼板、楼梯间隔墙、外走廊隔墙	2.0	
	户门	3.0(通往封闭空间) 2.0(通往非封闭空间或户外)	
	外窗(含阳台门透明部分)	应符合表 17-25、表 17-26 的规定	
体形系数>0.40	屋面	0.5	0.6
	外墙	0.8	1.0
	底面接触室外空气的架空或外挑楼板	1.0	
	分户墙、楼板、楼梯间隔墙、外走廊隔墙	2.0	
	户门	3.0(通往封闭空间) 2.0(通往非封闭空间或户外)	
	外窗(含阳台门透明部分)	应符合表 17-26、表 17-27 规定	

同样，外墙的传热系数是考虑了结构性冷桥影响后计算得到的平均传热系数。

当屋顶和外墙的传热系数满足要求，但热惰性指标 $D\leqslant 2.0$ 时，还应按照现行《民用建筑热工设计规范》GB 50176 第 5.1.1 条验算屋顶和东、西外墙是否符合隔热要求。

由砖、混凝土等重质材料构成的墙和屋面，当其面密度 $\rho\geqslant 200\text{kg/m}^2$ 时，可以直接认定其热惰性指标满足要求。

2) 外窗(门)部位的设计

该标准对夏热冬冷地区的窗墙面积比、外窗的传热系数和遮阳系数均提出了相应的限值，凡不能达到以下限值要求者，均需要进行建筑围护结构的热工性能的综合判断。

①控制窗墙面积比

夏热冬冷地区不同朝向外窗的窗墙面积比不应大于表 17-26 规定的限值。

夏热冬冷地区不同朝向外窗的窗墙面积比限值　表 17-26

朝　向	窗墙面积比	朝　向	窗墙面积比
北	0.40	南	0.45
东、西	0.35	每套房间允许一个房间(不分朝向)	0.60

注：凸窗面积按窗洞口计算。

②外窗的可开启面积

外窗(含阳台门)的可开启面积不应小于外窗所在房间地面面积的 5%。

③外窗的传热系数

对于夏热冬冷地区，外窗传热系数的控制依然是减少空调和采暖能耗的重要途径。不

同朝向、不同窗墙面积比的外窗的传热系数不应大于表 17-27 规定的限值。

夏热冬冷地区不同朝向、不同窗墙面积比的外窗传热系数和综合遮阳系数的限值 **表 17-27**

建　筑	窗墙面积比	传热系数 K [W/(m²·K)]	外窗综合遮阳系数 SC_w（东、西向/南向）
体形系数≤0.40	窗墙面积比≤0.20	4.7	—/—
	0.20<窗墙面积比≤0.30	4.0	—/—
	0.30<窗墙面积比≤0.40	3.2	夏季≤0.40 / 夏季≤0.45
	0.40<窗墙面积比≤0.45	2.8	夏季≤0.35 / 夏季≤0.40
	0.45<窗墙面积比≤0.60	2.5	东、西、南向设置外遮阳 夏季≤0.25 冬季≥0.6
体形系数>0.40	窗墙面积比≤0.20	4.0	—/—
	0.20<窗墙面积比≤0.30	3.2	—/—
	0.30<窗墙面积比≤0.40	2.8	夏季≤0.40 / 夏季≤0.45
	0.40<窗墙面积比≤0.45	2.5	夏季≤0.35 / 夏季≤0.40
	0.45<窗墙面积比≤0.60	2.3	东、西、南向设置外遮阳 夏季≤0.25　冬季≥0.60

④外窗遮阳

在夏热冬冷地区，夏季透过玻璃直接进入室内的太阳辐射热对空调负荷的影响很大，因此，需要对该地区的建筑外窗（包括阳台门的透明部分和天窗）设置外部遮阳，并对外窗提出了综合遮阳系数的限值，见表 17-27。

例 17-15　(2014)夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准对建筑物东、西向的窗墙面积比的要求较北向严格的原因是（　　）。

A　风力影响大　　　　B　太阳辐射强

C　湿度不同　　　　D　需要保温

提示：夏热冬冷地区夏季东、西向的太阳辐射强，通过窗口的太阳辐射量大，由此造成的制冷能耗将比北向窗口由于室内外温差引起的传热能耗多，由此对东、西向窗墙面积比的要求较北向严格。

答案：B

⑤门窗的气密性

根据国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》(GB/T 7106—2008)中的规定，要求外窗及敞开式阳台门的气密性：

1～6 层：不应低于 4 级。

7 层及 7 层以上：不应低于 6 级。

⑥凸窗处理

凸窗的传热系数应比本标准规定的限值降低 10%。其不透明的上顶板、下底板和侧板的传热系数不应低于外墙传热系数的限值要求。

3）围护结构的外表面宜采用浅色饰面材料，平屋顶宜采用绿化、涂刷隔热涂料等隔热措施。

（三）《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75－2012

《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75—2003 作为行业标准发布于 2003 年 7 月，于 2003 年 10 月 1 日开始实施。2012 年 11 月 2 日发布修订后的《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75－2012，自 2013 年 4 月 1 日开始实施。本次修订的主要技术内容包括：引入窗地面积比，作为与窗墙面积比并行的确定门窗节能指标的控制参数；将东、西朝向窗户的外遮阳作为强制性条文；规定了自然通风的量化要求；增加了自然采光、空调和照明等系统的节能设计要求。

1. 适用范围

该标准适用于夏热冬暖地区新建、扩建和改建居住建筑的节能设计。其中包括住宅、集体宿舍、招待所、旅馆、托儿所、幼儿园等。

2. 术语

（1）外窗综合遮阳系数（S_W）overall shading coefficient of window

用以评价窗本身和窗口的建筑外遮阳装置综合遮阳效果的系数，其值等于窗本身的遮阳系数（*SC*）与窗口的建筑外遮阳系数（*SD*）的乘积。

（2）建筑外遮阳系数（*SD*）outside shading coefficient of window

在相同太阳辐射条件下，有建筑外遮阳的窗口（洞口）所受到的太阳辐射照度的平均值与该窗口（洞口）没有建筑外遮阳时受到的太阳辐射照度的平均值之比。

（3）挑出系数 outstretch coefficient

建筑外遮阳构件的挑出长度与窗高（宽）之比，挑出长度系指窗外表面距水平（垂直）建筑外遮阳构件端部的距离。

（4）单一朝向窗墙面积比 window to wall ratio

窗（含阳台门）洞口面积与房间立面单元面积（即房间层高与开间定位线围成的面积）的比值。

（5）平均窗墙面积比（C_{MW}）mean of window to wall ratio

建筑物地上居住部分外墙面上的窗及阳台门（含露台、晒台等出入口）的洞口总面积与建筑物地上居住部分外墙立面的总面积之比。

（6）房间窗地面积比 window to floor ratio

所在房间外墙面上的门窗洞口的总面积与房间地面面积之比。

（7）平均窗地面积比（C_{MF}） mean of window to floor ratio

建筑物地上居住部分外墙面上的门窗洞口的总面积与地上居住部分总建筑面积之比。

（8）空调采暖年耗电量（*EC*） annual cooling and heating electricity consumption

按照设定的计算条件，计算出的单位建筑面积空调和采暖设备每年所要消耗的电能。

（9）空调采暖年耗电指数（*ECF*） annual cooling and heating electricity consumption factor

实施对比评定法时需要计算的一个空调采暖能耗无量纲指数，其值与空调采暖年耗电量 *EC* 相对应。

（10）对比评定法 custom budget method

将所设计建筑物的空调采暖能耗和相应参照建筑物的空调采暖能耗作对比，根据对比的结果来判定所设计的建筑物是否符合节能要求。

(11)参照建筑 reference building

采用对比评定法时作为比较对象的一栋符合节能标准要求的假想建筑。

(12)通风开口面积 ventilation area

外围护结构上自然风气流通过开口的面积。用于进风者为进风开口面积，用于出风者为出风开口面积。

(13)通风路径 ventilation path

自然通风气流经房间的进风开口进入。穿越房门、户内(外)公用空间及其出风开口至室外时可能经过的路线。

3. 节能设计标准的要求

夏热冬暖地区划分为南北两个气候区，以一月份的平均温度 11.5℃为分界线，等温线北部为北区，南部为南区。北区内建筑节能设计应主要考虑夏季空调，兼顾冬季采暖。南区内建筑节能设计应考虑夏季空调，可不考虑冬季采暖。

该标准要求夏热冬暖地区居住建筑的建筑热工、暖通空调和照明设计必须采取节能措施，在保证室内热环境舒适的前提下，将建筑能耗控制在规定的范围内，即达到采暖、空调总能耗降低 50%的节能目标。

两种方法可确定设计的居住建筑是否符合本节能设计标准的要求：

方法一是设计时严格按照标准规定的条文设计，即可认定所设计建筑满足节能要求。

方法二是在不能满足强制性条文的规定时，必须采用“对比评定法”，对所设计的建筑进行综合评价。计算其在标准规定条件下的空调采暖年耗电指数(*ECF*)或空调采暖年耗电量(*EC*)，并与参照建筑在同样条件下的空调采暖年耗电指数或空调采暖年耗电量进行比较，不超过者为满足节能要求。参照建筑的形状、大小、朝向均与实际所设计的建筑完全一致，各计算参数按标准的规定取值。

4. 室内热环境设计计算指标

(1)夏季空调室内设计计算指标

居住空间室内设计计算温度：26℃；

计算换气次数：1.0 次/h。

(2)北区冬季采暖室内设计计算指标

居住空间室内设计计算温度：16℃；

计算换气次数：1.0 次/h。

5. 建筑与建筑热工设计

(1)朝向与布局

夏热冬暖地区的主要气候特征之一是 4～9 月盛行东南风和西南风，且风速较大，沿海和岛屿风速更大，充分利用风力资源，组织自然通风可有效地达到自然降温的目的。

居住区的总体规划和居住建筑的平面、立面设计应有利于自然通风和减轻热岛效应。朝向宜采用南北向或接近南北向。

(2)体形系数

作为标准的强制性条文，夏热冬暖地区北区内建筑物的体形系数必须满足：

1)单元式、通廊式住宅体形系数不宜大于 0.35；

2)塔式住宅体形系数不宜大于 0.40。

(3)各朝向的单一朝向窗墙面积比

南、北朝向窗墙面积比不应大于 0.40；东、西朝向窗墙面积比不应大于 0.30。

(4)房间窗地面积比

主要房间(卧室、书房、起居室等)的窗地面积比不应小于 1/7。当房间窗地面积比小于 1/5 时，外窗玻璃的可见光透射比不应小于 0.40。

修改后的标准增加了可与窗墙面积比并行的窗地面积比控制参数。这是因为在夏热冬暖地区，太阳辐射得热是引起空调能耗的主要原因。如果不对建筑的体形系数加以限制，所设计的建筑体形系数越大，单位建筑面积对应的外墙面积越大，相应计算出的窗墙面积比就小，标准所允许的单位建筑能耗就越大，这种结果显然是不合理的。但限制体形系数又可能约束建筑设计，不容易满足南方建筑要求形式多样化、建筑通透性良好的特点。为避免使用本标准出现上述问题，标准提出窗地面积比作为另一个控制参数，以解决外窗平均传热系数和平均遮阳系数的确定。由此带来的另一些好处是，较之于窗墙面积比，窗地面积比更容易计算，而且，由于自然采光和自然通风设计中也使用窗地面积比作为控制参数，使用窗地面积比能使建筑节能设计与建筑自然采光设计和建筑自然通风设计保持一致。

(5)天窗

天窗面积不应大于屋顶总面积的 4%；天窗的传热系数不应大于 4.0W/(m^2 · K)；天窗的遮阳系数不应大于 0.4。

(6) 建筑围护结构的热工设计

1) 屋顶和外墙的热工性能

在夏热冬暖地区，同样不仅需要考虑影响室内外温差传热、决定夏季空调和冬季采暖负荷的围护结构传热系数 K，也需要考虑反映围护结构热稳定性的热惰性指标 D。

夏热冬暖地区的围护结构传热系数和热惰性指标的限值见表 17-28。

屋顶和外墙的传热系数 K[W/(m^2 · K)]、热惰性指标 D **表 17-28**

屋 顶	外 墙
$0.4<K\leqslant0.9$，$D\geqslant2.5$	$2.0<K\leqslant2.5$，$D\geqslant3.0$ 或 $1.5<K\leqslant2.0$，$D\geqslant2.8$ 或 $0.7<K\leqslant1.5$，$D\geqslant2.5$
$K\leqslant0.4$	$K\leqslant0.7$

注：1. $D<2.5$ 的轻质屋顶和东、西墙还应满足现行《民用建筑热工设计规范》GB 50176 所规定的隔热要求；

2. 外墙传热系数 K 和热惰性指标 D 的要求中，$2.0<K\leqslant2.5$，$D\geqslant3.0$ 这一档仅适用于南区。

2) 居住建筑屋顶和外墙的节能措施

①使用反射隔热外饰面，如浅色饰面（浅色粉刷、涂层和面砖等），降低屋顶和外墙对太阳辐射的吸收。

②屋顶内设置贴铝箔的封闭空气间层，增强屋顶隔热能力。

③使用含水多孔材料做屋面或外墙面的面层，或者屋面蓄水，利用蒸发散热。

④屋面有土或无土种植，利用植物遮阳。

⑤屋面遮阳。

⑥东、西外墙采用花格构件遮阳，或沿东、西外墙种植爬藤植物遮阳。

3）居住建筑的外窗（门）部位的设计

由于窗户的保温隔热性能比外墙差得多，所以，通过窗户的温差传热相应也比墙体要多。而且在炎热的夏季，通过窗户进入室内的太阳辐射得热又构成了空调负荷的相当大部分。因此，夏热冬暖地区窗户的保温隔热性能的控制和设置窗口遮阳是减少建筑能耗的两个最有效的措施。

①外窗的平均传热系数

在夏热冬暖地区的北区，冬季室内外温差较大，标准限制了窗户的平均传热系数，以控制通过窗户的温差传热。这样可减少冬季的采暖能耗和夏季的空调能耗。北区外窗的平均传热系数必须符合表 17-2 所规定的限值。

由于南区冬季不采暖，夏季室内外温差小，温差传热对空调负荷的作用有限，因此，对南区外窗的传热系数不作限定。

②外窗的加权平均综合遮阳系数

外窗的加权平均综合遮阳系数，应为建筑各朝向平均综合遮阳系数按各朝向窗面积和朝向的权重系数加权平均的数值。

根据居住建筑设计的不同平均窗地面积比（或平均窗墙面积比），北区建筑物外窗的平均综合遮阳系数应符合标准规定的限值，见表 17-29。

北区居住建筑建筑物外窗平均传热系数 K [W/(m² · K)]和平均综合遮阳系数限值 S_W

表 17-29

外墙平均指标	外窗平均传热系数 K[W/(m²·K)]	外窗加权平均综合遮阳系数 S_W			
		平均窗地面积比 $C_{MF}≤0.25$ 或平均窗墙面积比 $C_{MW}≤0.25$	平均窗地面积比 $0.25<C_{MF}≤0.30$ 或平均窗墙面积比 $0.25<C_{MW}≤0.30$	平均窗地面积比 $0.30<C_{MF}≤0.35$ 或平均窗墙面积比 $0.30<C_{MW}≤0.35$	平均窗地面积比 $0.35<C_{MF}≤0.40$ 或平均窗墙面积比 $0.35<C_{MW}≤0.40$
$K≤2.0$ $D≥2.8$	4.0	≤0.3	≤0.2	—	—
	3.5	≤0.5	≤0.3	≤0.2	—
	3.0	≤0.7	≤0.5	≤0.4	≤0.3
	2.5	≤0.8	≤0.6	≤0.6	≤0.4
$K≤1.5$ $D≥2.5$	6.0	≤0.6	≤0.3	—	—
	5.5	≤0.8	≤0.4	—	—
	5.0	≤0.9	≤0.6	≤0.3	—
	4.5	≤0.9	≤0.7	≤0.5	≤0.2
	4.0	≤0.9	≤0.8	≤0.6	≤0.4
	3.5	≤0.9	≤0.9	≤0.7	≤0.5
	3.0	≤0.9	≤0.9	≤0.8	≤0.6
	2.5	≤0.9	≤0.9	≤0.9	≤0.7

续表

外墙平均指标	外窗平均传热系数 K[W/(m²·K)]	外窗加权平均综合遮阳系数 S_W			
		平均窗地面积比 $C_{MF}≤0.25$ 或平均窗墙面积比 $C_{MW}≤0.25$	平均窗地面积比 $0.25<C_{MF}≤0.30$ 或平均窗墙面积比 $0.25<C_{MW}≤0.30$	平均窗地面积比 $0.30<C_{MF}≤0.35$ 或平均窗墙面积比 $0.30<C_{MW}≤0.35$	平均窗地面积比 $0.35<C_{MF}≤0.40$ 或平均窗墙面积比 $0.35<C_{MW}≤0.40$
$K≤1.0$ $D≥2.5$ 或 $K≤0.7$	6.0	≤0.9	≤0.9	≤0.6	≤0.2
	5.5	≤0.9	≤0.9	≤0.7	≤0.4
	5.0	≤0.9	≤0.9	≤0.8	≤0.6
	4.5	≤0.9	≤0.9	≤0.8	≤0.7
	4.0	≤0.9	≤0.9	≤0.9	≤0.7
	3.5	≤0.9	≤0.9	≤0.9	≤0.8

南区居住建筑建筑物外窗(包括阳台门透明部分)的平均综合遮阳系数限值见表17-30。

③建筑外遮阳措施

东、西向外窗必须采取建筑外遮阳措施，建筑外遮阳系数 SD 不应大于 0.8。

南、北向外窗应采取建筑外遮阳措施，建筑外遮阳系数 SD 不应大于 0.9。当采用水平、垂直或综合建筑外遮阳构造时，外遮阳构造的挑出长度不应小于表 17-31 规定的限值。

南区居住建筑建筑物外窗平均综合遮阳系数限值(S_W)　　表 17-30

外墙平均指标 ($\rho≤0.8$)	外窗的加权平均综合遮阳系数 S_W				
	平均窗地面积比 $C_{MF}≤0.25$ 或平均窗墙面积比 $C_{MW}≤0.25$	平均窗地面积比 $0.25<C_{MF}≤0.30$ 或平均窗墙面积比 $0.25<C_{MW}≤0.30$	平均窗地面积比 $0.30<C_{MF}≤0.35$ 或平均窗墙面积比 $0.30<C_{MW}≤0.35$	平均窗地面积比 $0.35<C_{MF}≤0.40$ 或平均窗墙面积比 $0.35<C_{MW}≤0.40$	平均窗地面积比 $0.40<C_{MF}≤0.45$ 或平均窗墙面积比 $0.40<C_{MW}≤0.45$
$K≤2.5$ $D≥3.0$	≤0.5	≤0.4	≤0.3	≤0.2	—
$K≤2.0$ $D≥2.8$	≤0.6	≤0.5	≤0.4	≤0.3	≤0.2
$K≤1.5$ $D≥2.5$	≤0.8	≤0.7	≤0.6	≤0.5	≤0.4
$K≤1.0$ $D≥2.5$ 或 $K≤0.7$	≤0.9	≤0.8	≤0.7	≤0.6	≤0.5

注：1. 外窗包括阳台门；

2. ρ 为外墙外表面太阳辐射的吸收系数。

建筑外遮阳构造的挑出长度限值(m)　　表 17-31

朝向	南			北		
遮阳形式	水平	垂直	综合	水平	垂直	综合
北区	0.25	0.20	0.15	0.40	0.25	0.15
南区	0.30	0.25	0.15	0.45	0.30	0.20

北区建筑外遮阳系数应取冬、夏两季建筑外遮阳系数的平均值，南区应取夏季的建筑外遮阳系数。典型形式的建筑外遮阳系数可查该标准取得。

④外窗的开口面积

外窗(包括阳台门)的通风开口面积不应小于房间地面面积的 10%或外窗面积的 45%。

⑤门窗的气密性

外窗的气密性等级不应低于国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》(GB/T 7106—2008)中规定的等级。其中，q_1是在 10Pa 压差下，每小时每米缝隙的空气渗透量，q_2是每小时每平方米面积的空气渗透量。

1～9 层：不应低于 4 级水平[$2.5 \geqslant q_1 > 2.0m^3/(m \cdot h)$，$7.5 \geqslant q_2 > 6.0m^3/(m^2 \cdot h)$]。

10 层及 10 层以上：不应低于 6 级水平[$1.5 \geqslant q_1 > 1.0m^3/(m \cdot h)$，$4.5 \geqslant q_2 > 3.0m^3/(m^2 \cdot h)$]。

4) 自然通风的组织

居住建筑应能自然通风。要求每户至少有一个居住房间具备有效的通风路径，即指房间由可开启的外窗进风时，能够从户内（厅、厨房、卫生间等）或户外（走道、楼梯间等）的通风开口出风。

二、公共建筑节能设计标准

随着我国经济社会高速发展，产业结构的不断优化，城镇化水平快速提升，我国的公共建筑面积不断增加，目前已接近城镇建筑总面积的 1/5 左右。尤其是机关办公建筑和大型公共建筑总面积虽然只占城镇建筑总面积的 4%，但年耗电量却占全国城镇建筑总耗电量的 22%，这类建筑每平方米年耗电量是普通居民住宅的 10～20 倍，是欧洲、日本等发达国家同类建筑的数倍，高耗能的问题日益突出。相对于居住建筑，公共建筑能耗所占比重大、具有重大的节能潜力。2005 年 4 月建设部与质检总局联合发布了国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005，并于 2005 年 7 月 1 日开始执行。实施 10 年来，该标准为贯彻节约能源的基本国策，推动公共建筑节能的有力开展起到了积极作用。

近年来，节能减排已成为保障我国经济可持续发展的关键问题之一。为此，根据住房和城乡建设部的要求，从 2012 年开始，由中国建筑科学研究院牵头，组织多方力量全面修订该标准，住房和城乡建设部于 2015 年 2 月 2 日 739 号公告发布，修订后的《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2015 从 2015 年 10 月 1 日开始实施。

2015 版标准全面提升了公共建筑设计节能水平，细化标准化规定，从而提高标准的可操作性，将对公共建筑节能起到更科学的引领作用。

公共建筑节能设计应根据当地的气候条件，在保证室内环境参数条件下，改善围护结

构保温隔热性能，提高建筑设备及系统的能源利用效率，利用可再生能源，降低建筑暖通空调、给水排水及电气系统的能耗。

本次修订的主要技术内容包括：

1. 建立了代表我国公共建筑特点和分布特征的典型公共建筑模型数据库，其中涵盖了8种主要公共建筑类型及系统形式的典型公共建筑，为节能指标的分析提供了基础。

2. 新增了给排水系统、电气系统和可再生能源应用的有关规定，实现建筑节能专业领域的全覆盖。

3. 增加了建筑分类和建筑设计的有关规定；增加了对超高、超大建筑的设计复核要求。

4. 更新了围护结构热工性能限值和冷源能效限值，并按照建筑分类和建筑热工分区分别作出规定；补充了窗墙比大于0.7时，围护结构热工性能限值；对温和地区，增加了围护结构的限值要求，和2005年版标准相比，由于围护结构性能的全面提升，使得供暖、通风及空调能耗将降低4%～6%。

5. 增加了围护结构权衡判断的前提条件，补充细化了权衡判断过程的输入输出内容和对权衡判断软件的要求。

6. 本次修订首次采用“收益投资比（Saving to Investment Ratio）组合优化筛选法”（简称“SIR”）对节能目标进行了计算和分解。该方法是基于单项节能措施的优劣排序，构建最优建筑节能方案的系统性分析方法，可提高指标的科学性。

7. 为与国际接轨，采用太阳得热系数（SHGC）作为透光围护结构的性能参数替代遮阳系数（SC），并给出了SHGC的限值。

8. 本次分气候区规定并提升了冷源设备及系统的能效限值。和2005年版标准相比，由于供暖、通风空调和照明等用能设备能效的提升，可带来14%～19%的节能量。

9. 为更好反映我国冷水机组的实际使用条件，在大量调查和数据分析基础上，改进了冷水机组的综合部分负荷性能系数（IPLV）及计算公式。

本节仅对该标准中所涉及的有关建筑设计和建筑热工方面的内容作简单介绍。

（一）适用范围

该标准适用于全国新建、扩建和改建的公共建筑节能设计。

公共建筑包含办公建筑（如写字楼、政府部门办公楼等），商业建筑（如商场、金融建筑等），旅游建筑（如旅馆饭店、娱乐场所等），科教文卫建筑（包括文化、教育、科研、医疗、卫生、体育建筑等），通信建筑（如邮电、通讯、广播用房等）以及交通运输建筑（如机场、车站建筑等）。

（二）一般规定

1. 公共建筑分类

2015标准将公共建筑分为两类，分类的条件规定如下：

（1）甲类公共建筑：单栋建筑面积大于300m^2的建筑，或单栋建筑面积小于或等于300m^2但总建筑面积大于1000m^2的建筑群。

（2）乙类公共建筑：单栋建筑面积小于或等于300m^2的建筑。

将公共建筑进行分类，区别规定不同类别的各项限值，可适当简化乙类建筑的设计程序，提高标准的可操作性。

2. 各城市的建筑热工设计分区

2005 标准只有 5 个建筑热工设计分区（严寒地区 A 区、严寒地区 B 区、寒冷地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区），2015 标准修改并增加为 11 个建筑热工设计子分区（严寒 A 区、严寒 B 区、严寒 C 区、寒冷 A 区、寒冷 B 区、夏热冬冷 A 区、夏热冬冷 B 区、夏热冬暖 A 区、夏热冬暖 B 区、温和 A 区、温和 B 区）。各城市所在建筑热工设计分区可查标准相应表确定。

3. 朝向与布局

建筑群的总体规划应考虑减轻热岛效应。建筑的总体规划和总平面设计应有利于自然通风和冬季日照。建筑的主朝向宜选择本地区最佳朝向或适宜朝向，且宜避开冬季主导风向，有利于夏季自然通风。

4. 遵循被动节能措施优先的原则

建筑设计应优先作好围护结构保温隔热措施，并充分利用天然采光、自然通风和遮阳措施，降低建筑能耗。

5. 建筑体形宜规整紧凑，避免过多的凹凸变化。

（三）建筑设计

标准为达到公共建筑节能设计的要求，对公共建筑的建筑设计和围护结构的热工性能规定了一系列强制性的指标限值。当公共建筑的建筑和建筑热工设计不能满足标准所规定的指标要求时，必须进行“权衡判断”，权衡判断需要计算并比较参照建筑和设计建筑的全年供暖和空气调节能耗，判定围护结构的总体热工性能是否符合节能设计的要求。

1. 体形系数

作为标准的强制性条文，严寒和寒冷地区公共建筑物的体形系数应符合表 17-32 的规定。

严寒和寒冷地区公共建筑体形系数　　表 17-32

单栋建筑面积 A（m^2）	建筑体形系数
$300<A\leqslant800$	$\leqslant0.50$
$A>800$	$\leqslant0.40$

2. 建筑立面朝向的划分

北向：北偏西 60°至北偏东 60°；

南向：南偏西 30°至南偏东 30°；

西向：西偏北 30°至西偏南 60°（包括西偏北 30°和西偏南 60°）；

东向：东偏北 30°至东偏南 60°（包括东偏北 30°和东偏南 60°）。

3. 窗墙面积比

严寒地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于 0.60；

其他地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于 0.70。

4. 屋顶透光面积

甲类公共建筑的屋顶透光部分面积不应大于屋顶总面积的 20%。当不能满足本条的

规定时，必须按本标准规定的方法进行权衡判断。

5. 可见光透射比

由于玻璃和其他透光材料的可见光透射比直接影响自然采光的效果和人工照明的能耗，除非特殊需要，一般情况均不应采用可见光透射比过低的玻璃和透光材料。

甲类公共建筑单一立面窗墙面积比小于 0.40 时，透光材料的可见光透射比不应小于 0.60；甲类公共建筑单一立面窗墙面积比大于等于 0.40 时，透光材料的可见光透射比不应小于 0.40。

6. 可见光反射比

房间内表面的反射比对提高照度有明显的作用，可降低照明能耗。人员长期停留房间的内表面可见光反射比宜符合表 17-33 的规定。

人员长期停留房间的内表面可见光反射比 **表 17-33**

房间内表面位置	可见光反射比
顶棚	0.7～0.9
墙面	0.5～0.8
地面	0.3～0.5

7. 遮阳措施

夏热冬暖、夏热冬冷、温和地区的建筑各朝向外窗（包括透光幕墙）均应采取遮阳措施；寒冷地区的建筑宜采取遮阳措施。建筑外遮阳装置应兼顾通风及冬季日照。

东西向：宜设置活动外遮阳；

南向：宜设置水平外遮阳。

8. 有效通风换气面积

单一立面外窗（包括透光幕墙）的有效通风换气面积应为开启扇面积和窗开启后的空气流通界面面积的较小值。有效通风换气面积按建筑类别应符合以下规定：

甲类公共建筑：外窗应设可开启窗扇，其有效通风换气面积不宜小于所在房间外墙面积的 10%；当透光幕墙受条件限制无法设置可开启窗扇时，应设置通风换气装置。

乙类公共建筑：外窗有效通风换气面积不宜小于窗面积的 30%。

9. 建筑中庭

建筑中庭应充分利用自然通风降温，可设置机械排风装置加强自然补风。

例 17-16 （**2008**）为了节能，建筑中庭在夏季应采取下列哪项降温措施：

A 自然通风和机械通风，必要时开空调

B 封闭式开空调

C 机械排风，不用空调

D 通风降温，必要时机械排风

提示：建筑中庭空间高大，在炎热的夏季中庭内温度很高。《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2015 第 3.2.11 条规定：建筑中庭应充分利用自然通风降温，并可设置机械排风装置加强自然补风。

答案：D

（四）围护结构热工设计

1. 围护结构热工性能

除了对温和B区甲类和温和地区乙类公共建筑围护结构的传热系数不作要求外，按照公共建筑的甲、乙类别和所属建筑热工设计的气候分区，不同类别公共建筑的围护结构热工性能应分别符合节能标准相应表格的规定。例如，表17-34为严寒A、B区甲类公共建筑围护结构热工性能限值，表17-35为寒冷地区甲类公共建筑围护结构热工性能限值。当围护结构热工性能不能满足表中的规定时，必须按本标准规定的方法进行权衡判断。

注意，外墙的传热系数为包括结构性热桥在内的平均传热系数。

严寒A、B区甲类公共建筑围护结构热工性能限值　　表17-34

围护结构部位		体形系数≤0.30	0.3＜体形系数≤0.50
		传热系数 K[W/(m^2·K)]	
屋面		≤0.28	≤0.25
外墙（包括非透光幕墙）		≤0.38	≤0.35
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤0.38	≤0.35
地下车库与供暖房间之间的楼板		≤0.50	≤0.50
非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙		≤1.2	≤1.2
单一立面外窗（包括透光幕墙）	窗墙面积比≤0.20	≤2.7	≤2.5
	0.20＜窗墙面积比≤0.30	≤2.5	≤2.3
	0.30＜窗墙面积比≤0.40	≤2.2	≤2.0
	0.40＜窗墙面积比≤0.50	≤1.9	≤1.7
	0.50＜窗墙面积比≤0.60	≤1.6	≤1.4
	0.60＜窗墙面积比≤0.70	≤1.5	≤1.4
	0.70＜窗墙面积比≤0.80	≤1.4	≤1.3
	窗墙面积比 ＞0.80	≤1.3	≤1.2
屋顶透光部分（屋顶透光部分面积≤20%）		≤2.2	
围护结构部位		保温材料层热阻 R [（m^2·K）/W]	
周边地面		≥1.1	
供暖地下室与土壤接触的外墙		≥1.1	
变形缝（两侧墙内保温时）		≥1.2	

寒冷地区甲类公共建筑围护结构热工性能限值　　表17-35

围护结构部位	体形系数≤0.30		0.30＜体形系数≤0.50	
	传热系数 K[W/(m^2·K)]	太阳得热系数 $SHGC$(东、南、西向/北向)	传热系数 K[W/(m^2·K)]	太阳得热系数 $SHGC$(东、南、西向/北向)
屋面	≤0.45	—	≤0.40	—
外墙(包括非透光幕墙)	≤0.50	—	≤0.45	—
底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤0.50	—	≤0.45	—
地下车库与供暖房间之间的楼板	≤1.0	—	≤1.0	—

续表

围护结构部位		体形系数≤0.30		0.30<体形系数≤0.50	
		传热系数 K[W/(m^2·K)]	太阳得热系数 $SHGC$(东、南、西向/北向)	传热系数 K[W/(m^2·K)]	太阳得热系数 $SHGC$(东、南、西向/北向)
非供暖楼梯间与供暖房间之间的隔墙		≤1.5	—	≤1.5	—
单一立面外窗(包括透光幕墙)	窗墙面积比≤0.20	≤3.0	—	≤2.8	—
	0.20<窗墙面积比≤0.30	≤2.7	0.52/—	≤2.5	0.52/—
	0.30<窗墙面积比≤0.40	≤2.4	0.48/—	≤2.2	0.48/—
	0.40<窗墙面积比≤0.50	≤2.2	0.43/—	≤1.9	0.43/—
	0.50<窗墙面积比≤0.60	≤2.0	0.40/—	≤1.7	0.40/—
	0.60<窗墙面积比≤0.70	≤1.9	0.35/0.60	≤1.7	0.35/0.60
	0.70<窗墙面积比≤0.80	≤1.6	0.35/0.52	≤1.5	0.35/0.52
	窗墙面积比 >0.80	≤1.4	0.30/0.52	≤1.4	0.30/0.52
屋顶透光部分(屋顶透光部分面积≤20%)		≤2.4	≤0.44	≤2.4	≤0.35
围护结构部位		保温材料层热阻 R[(m^2·K)/W]			
周边地面		≥0.60			
供暖地下室与土壤接触的外墙		≥0.60			
变形缝(两侧墙内保温时)		≥0.90			

2. 外窗(门)部位的设计

(1)外窗的传热系数

按照公共建筑的甲、乙类别和所属建筑热工设计的气候分区，不同类别公共建筑外窗的传热系数应分别符合节能标准相应表格中的规定。例如，可在表 17-34 中查到对严寒A、B 区甲类公共建筑单一立面外窗(包括透明幕墙)传热系数的限值。

当不能满足表中规定时，必须按本标准规定的方法进行权衡判断。

(2)外窗的太阳得热系数

为与国际接轨，本标准引入太阳得热系数 *SHGC*(Solar Heat Gain Coefficient)作为透光围护结构的性能参数，替代 2005 版中的遮阳系数(*SC*)。

太阳得热系数(*SHGC*)的定义为：通过透光围护结构(门窗或透光幕墙)的太阳辐射室内得热量与投射到透光围护结构(门窗或透光幕墙)外表面上的太阳辐射量的比值。太阳辐射室内得热量包括太阳辐射通过辐射透射的得热量和太阳辐射被构件吸收后再传入室内的得热量两部分。

当设置外遮阳构件时，外窗(包括透光幕墙)的太阳得热系数应为外窗(包括透光幕墙)本身的太阳得热系数与外遮阳构件的遮阳系数的乘积。

本标准也按照公共建筑的不同类型在相应的热工分区给出了外窗(包括透光幕墙)太阳得热系数的限值，参见表 17-35。

(3)门窗的气密性

建筑外门、外窗的气密性分级应符合国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能

分级及检测方法》GB/T 7106—2008 中的规定，并应满足下列要求：

10 层及以上建筑：外窗的气密性不应低于 7 级（$1.0 \geqslant q_1 > 0.5$[$m^3/(m \cdot h)$]）；

10 层以下建筑：外窗的气密性不应低于 6 级（$1.5 \geqslant q_1 > 1.0$ [$m^3/(m \cdot h)$]）；

严寒和寒冷地区：外门的气密性不应低于 4 级（$2.5 \geqslant q_1 > 2.0$[$m^3/(m \cdot h)$]）。

（4）建筑幕墙的气密性

建筑幕墙的气密性应符合国家标准《建筑幕墙》（GB/T 21086—2007）中的规定且不应低于 3 级。3 级要求幕墙开启部分单位缝长空气渗透量为（$1.5 \geqslant q_L > 0.5$ [$m^3/(m \cdot h)$]），幕墙整体部分单位面积空气渗透量为（$1.2 \geqslant q_A > 0.5$ [$m^3/(m^2 \cdot h)$]）。

3. 外门处理

严寒地区：建筑的外门必须设门斗；

寒冷地区：面向冬季主导风向的外门必须设置门斗或双层外门，其他朝向外门宜设置门斗或应采取其他减少冷风渗透的措施；

夏热冬冷、夏热冬暖和温和地区：建筑的外门应采取保温隔热措施。

4. 热桥处理

屋面、外墙和地下室的热桥部位的内表面温度不应低于室内空气露点温度。

5. 全玻幕墙入口大堂的处理

当公共建筑入口大堂采用全玻幕墙时，全玻幕墙中非中空玻璃的面积不应超过同一立面透光面积（门窗和玻璃幕墙）的 15%，且应按同一立面透光面积（含全玻幕墙面积）加权计算平均传热系数。

三、建筑节能的检测、评价标准

为了规范居住建筑节能检测方法，住房和城乡建设部公布于 2010 年 7 月 1 日起实施《居住建筑节能检测标准》JGJ/T 132—2009，该标准适用于新建、改建和扩建的居住建筑的节能检测。

为了加强对公共建筑的节能监督与管理，规范建筑节能检测方法，于 2010 年 7 月 1 日起实施《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177—2009，该标准适用于公共建筑的节能检测。

2011 年 4 月，住房和城乡建设部发布公告，自 2012 年 5 月 1 日起实施《节能建筑评价标准》GB/T 50668—2011。它是在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准、国外先进标准和大量征求意见的基础上制定的。该标准适用于新建、改建和扩建的居住建筑和公共建筑的节能评价，将规范节能建筑的评价。

习　　题

17-1　关于我国的建筑热工设计一级区划，下列哪些说法是正确的？（　　）

A　5 个一级区划：严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区

B　3 个一级区划：采暖地区、过渡地区、空调地区

C　4 个一级区划：寒冷地区、过渡地区、炎热地区、温和地区

D　5 个一级区划：严寒地区、寒冷地区、过渡地区、炎热地区、温和地区

17-2　我国的《民用建筑热工设计规范》GB 50176—2016 将我国分成了 5 个气候一级区划，划分的主要依据是（　　）。

A 累年最冷月的最低温度

B 累年最热月的平均温度

C 累年最冷月的平均温度和累年最热月的平均温度

D 累年最冷月的最低温度和累年最热月的最高温度

17-3 按《民用建筑热工设计规范》GB 50176—2016 要求，下列哪一个一级区划的热工设计必须满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热？（　　）

A 严寒地区　　B 夏热冬冷地区

C 寒冷地区　　D 夏热冬暖地区

17-4 除室内空气温度外，下列哪组参数是评价室内热环境的要素？（　　）

A 有效温度、平均辐射温度、露点温度

B 有效温度、露点温度、空气湿度

C 平均辐射温度、空气湿度、露点温度

D 平均辐射温度、空气湿度、气流速度

17-5 下面列出的传热实例，哪一种热量传递不属于基本传热方式？（　　）

A 热量从砖墙的内表面传递到外表面

B 热空气流过墙面将热量传递给墙面

C 人体表面接受外来的太阳辐射

D 热空气和冷空气通过混合传递热量

17-6 热量传递有三种基本方式，它们是导热、对流和辐射，关于热量传递下面哪个说法是不正确的？（　　）

A 存在着温差的地方，就发生热量传递

B 两个相互不直接接触的物体间，不可能发生热量传递

C 对流传热发生在流体中

D 密实的固体中的热量传递只有导热一种方式

17-7 关于太阳辐射，下述哪一项不正确？（　　）

A 太阳辐射的波长主要是短波辐射

B 到达地面的太阳辐射分为直射辐射和散射辐射

C 同一时刻，建筑物各表面的太阳辐射照度相同

D 太阳辐射在不同的波长下的单色辐射本领各不相同

17-8 有关材料表面对太阳辐射吸收系数，下列哪一种最大？（　　）

A 青灰色水泥墙面　　B 白色大理石墙面　　C 红砖墙面　　D 灰色水刷石墙面

17-9 有关材料导热系数的法定计量单位，下列哪一项正确？（　　）

A $(m \cdot K)/W$　　B $kcal/(m^2 \cdot h \cdot K)$

C $W/(m^2 \cdot h \cdot K)$　　D $W/(m \cdot K)$

17-10 下列材料的导热系数由小至大排列正确的是哪一个？（　　）

A 钢筋混凝土、重砂浆黏性砖砌体、水泥砂浆

B 岩棉板、加气混凝土、水泥砂浆

C 水泥砂浆、钢筋混凝土、重砂浆黏性砖砌体

D 加气混凝土、保温砂浆、玻璃棉板

17-11 把木材、实心黏性砖和混凝土三种常用建材按导热系数由小到大排列，正确的顺序应该是？（　　）

A 木材、实心黏性砖、混凝土

B 实心黏性砖、木材、混凝土

C　木材、混凝土、实心黏性砖

D　混凝土、实心黏性砖、木材

17-12　下述建筑材料热工特性，哪一种是正确的？（　　）

A　保温材料的导热系数随材料厚度的增大而增大

B　保温材料的导热系数随温度的增大而减小

C　保温材料的导热系数随湿度的增大而增大

D　所有保温材料的导热系数都随干密度的减小而减小

17-13　有关材料层的导热热阻，下列叙述哪一种是正确的？（　　）

A　厚度不变，材料层的热阻随导热系数的减小而增大

B　温度升高，材料层的热阻随之增大

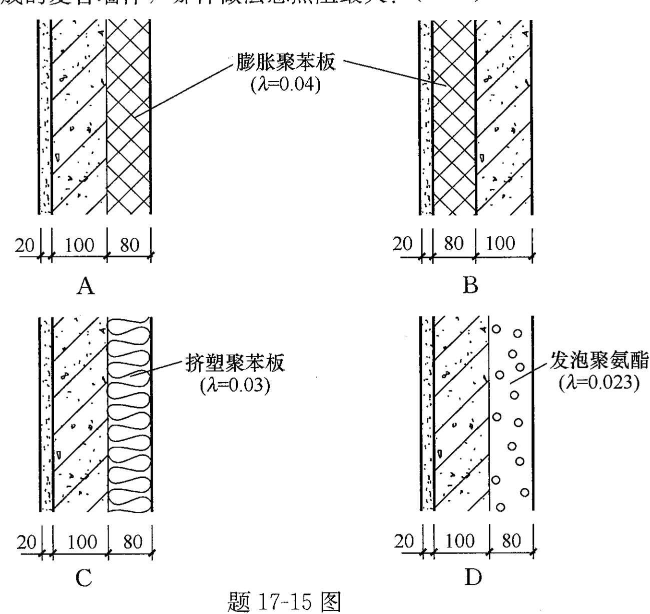
C　只有增加材料层的厚度，才能增大其热阻

D　材料层的热阻只与材料的导热系数有关

17-14　有关材料层热阻的法定计量单位，下列哪一项正确？（　　）

A　$(m^2 \cdot K)/W$　　B　$kcal/(m^2 \cdot h \cdot K)$　　C　$W/(m^2 \cdot h \cdot K)$　　D　W/m^2

17-15　图中多层材料组成的复合墙体，哪种做法总热阻最大？（　　）



题 17-15 图

17-16　在夏热冬暖地区，为了防止室内过热将建筑物的外表面设计为浅颜色是因为（　　）。

A　浅色表面比深色表面对短波辐射的反射能力强

B　浅色表面比深色表面对长波辐射的反射能力强

C　浅色表面和深色表面对短波辐射的反射能力差不多

D　浅色表面的反射能力与外来辐射的波长无关

17-17　当室内气温为20℃时，饱和蒸汽压为2337.1Pa，若室内的水蒸气分压力为1051.7 Pa，相对湿度为（　　）。

A　35%　　B　45%　　C　55%　　D　65%

17-18　空气中水蒸气的饱和蒸汽压（　　）。

A　随水蒸气含量的增加而增加　　B　随空气温度的增加而减小

C　随空气温度的增加而增加　　D　随空气绝对湿度的增加而增加

17 - 19　在一个密闭的空间里，下列哪种说法正确？(　　)

A　空气温度变化与相对湿度变化无关

B　空气温度降低，相对湿度随之降低

C　空气温度升高，相对湿度随之升高

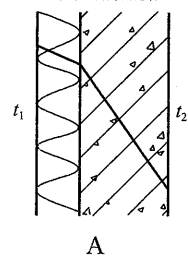
D　空气温度升高，相对湿度随之降低

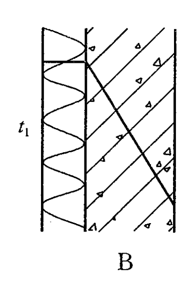
17 - 20　在稳定传热中，通过多层平壁各材料层的热流强度（　　）。

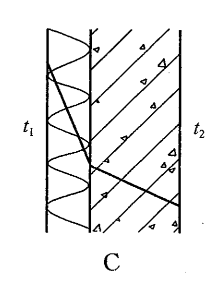
A　沿热流方向逐渐增加　　B　随时间逐渐减小

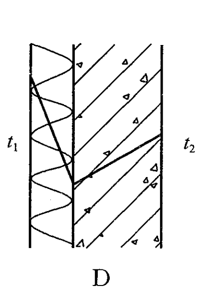
C　通过各材料层的热流强度不变　　D　沿温度降低方向逐渐减少

17 - 21　多层平壁稳定传热，$t_1 > t_2$，下列哪一条温度分布线是正确的？(　　)



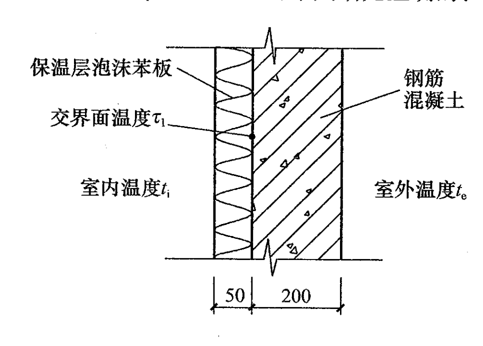






题 17-21 图

17 - 22　多层平壁稳定传热如下图所示，$t_i > t_e$，以下哪个判断是正确的？(　　)



题 17-22 图

A　$t_i - \tau_1 > \tau_1 - t_e$　　B　$t_i - \tau_1 < \tau_1 - t_e$

C　$t_i - \tau_1 = \tau_1 - t_e$　　D　$t_i - \tau_1$ 和 $\tau_1 - t_e$ 的关系不确定

17 - 23　封闭空气间层热阻的大小主要取决于（　　）。

A　间层中空气的温度和湿度

B　间层中空气对流传热的强弱

C　间层两侧内表面之间辐射传热的强弱

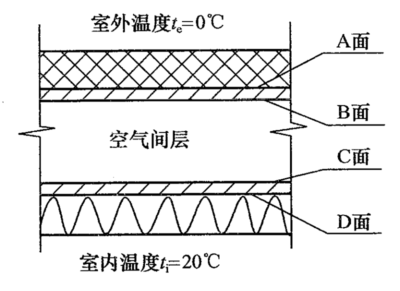
D　既取决于间层中空气对流传热的强弱，又取决于间层两侧内表面之间辐射传热的强弱

17 - 24　封闭空气间层的热阻在其间层内贴上铝箔后会大量增加，这是因为（　　）。

A　铝箔减小了空气间层的辐射换热　　B　铝箔减小了空气间层的对流换热

C　铝箔减小了空气间层的导热　　D　铝箔增加了空气间层的导热热阻

17 - 25　为了增大热阻，决定在图示构造中贴两层铝箔，下列哪种方法最有效？(　　)



题 17-25 图

A 贴在 A 面和 B 面　　B 贴在 A 面和 C 面

C 贴在 B 面和 C 面　　D 贴在 A 面和 D 面

17-26 有关围护结构在室外气温周期性变化热作用下的传热特征，下面哪一项不正确？（　　）

A 围护结构内、外表面温度波动的周期相同，但与室外气温波动的周期不同

B 围护结构外表面温度波动的振幅比室外气温波动的振幅小

C 围护结构内部温度波动的振幅从外至内逐渐减小

D 外表面温度幅值出现时间比内表面早

17-27 若想增加砖墙的保温性能，充分利用太阳能，采取下列哪一措施是不合理的？（　　）

A 增加砖墙的厚度　　B 增设一保温材料层

C 设置封闭空气间层　　D 砖墙外表面做浅色饰面

17-28 对地面进行保温处理时，下面哪一种处理比较合理？（　　）

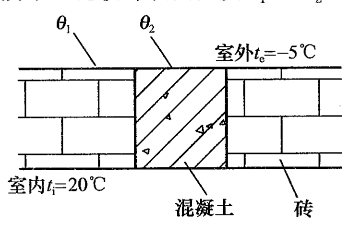
A 整个地面的保温层应该厚度相同

B 沿地面的周边做局部保温

C 地面中心部分的保温层应该比其他地方加厚

D 更换地面的面层材料

17-29 外墙的贯通式热桥如下图所示，比较外表面温度 θ_1 和 θ_2，下列哪个答案是正确的？（　　）

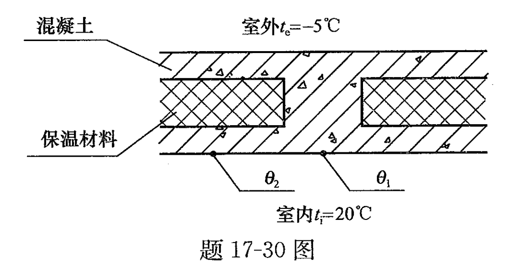


题 17-29 图

A $\theta_1=\theta_2$　　B $\theta_1>\theta_2$

C $\theta_1<\theta_2$　　D $\theta_1>\theta_2$ 和 $\theta_1<\theta_2$ 都有可能

17-30 外墙某局部如下图所示，比较内表面温度 θ_1 和 θ_2，下列哪一个答案正确？（　　）



题 17-30 图

A $\theta_1 > \theta_2$　　B $\theta_1 < \theta_2$

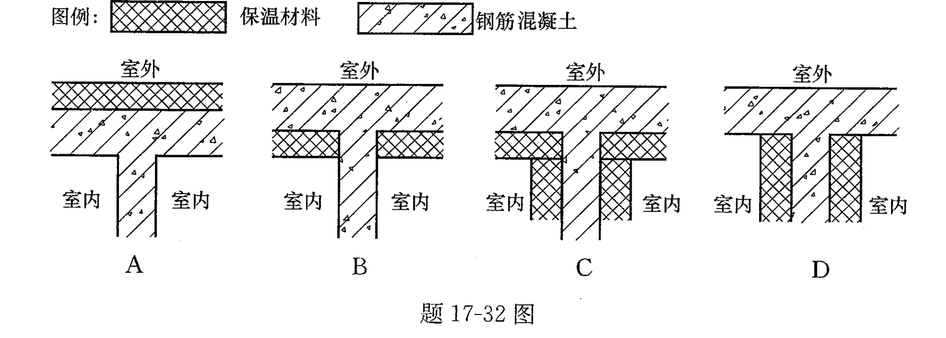
C $\theta_1 = \theta_2$　　D θ_1 和 θ_2 的关系不确定

17-31 当贯通式热桥内表面温度低于室内空气露点温度须作保温处理时，若热桥的宽度小于厚度，所加保温层合适的长度应该为（　）。

A 大于热桥的宽度的 2 倍　　B 不小于热桥的厚度的 1.5 倍

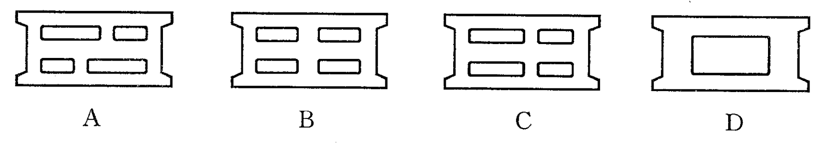
C 等于热桥的厚度　　D 等于热桥的宽度

17-32 下列几种“T”字形外墙节点中，最不利于保温隔热的是哪种节点？（　）



题 17-32 图

17-33 孔洞率相同的 4 个混凝土小砌块断面孔形设计，哪一种保温性能最好？（　）



题 17-33 图

17-34 冬季墙面上出现结露现象，以下哪一条能够准确地解释发生结露现象的原因？（　）

A 室内的空气太潮湿了

B 墙面不吸水

C 墙面附近的空气不流动

D 墙面温度低于室内空气的露点温度

17-35 为防止采暖建筑外围护结构内部冬季产生冷凝，以下几项措施中哪一项是错误的？（　）

A 在围护结构内设排汽通道通向室外

B 将水蒸气渗透系数大的材料放在靠近室外一侧

C 将隔汽层设在靠近室外一侧

D 将隔汽层放在保温材料层内侧

17-36 下列材料的蒸汽渗透系数由大至小排列正确的是哪一个？（　）

A 钢筋混凝土、重砂浆黏性砖砌体、水泥砂浆

B 重砂浆黏性砖砌体、钢筋混凝土、水泥砂浆

C 水泥砂浆、钢筋混凝土、重砂浆黏性砖砌体

D 重砂浆黏性砖砌体、水泥砂浆、钢筋混凝土

17-37 当出现下列哪一种情况时，围护结构需要设置隔汽层？（　）

A 围护结构内部保温层的湿度增量大于允许湿度增量

B 围护结构表面出现结露现象

C 围护结构内部出现冷凝

D 围护结构冷凝界面内侧的蒸汽渗透阻大于内侧所需的最小蒸汽渗透阻

17-38　在下图所示情况下，为了防止保温层受潮，隔汽层应设置在何处？（　　）

室内t_i=20℃　室外t_e=0℃

石膏板　保温层　钢筋混凝土　砂浆

题 17-38 图

A　石膏板与保温层的界面　　B　保温层与钢筋混凝土的界面

C　混凝土与砂浆的界面　　D　上述 3 个界面效果都一样

17-39　在进行外围护结构的隔热设计时，室外热作用应该选择（　　）。

A　室外空气温度　　B　室外综合温度

C　太阳辐射的当量温度　　D　最热月室外空气的最高温度

17-40　关于夏季防热设计要考虑的“室外综合温度”，以下哪个说法是正确的？（　　）

A　一栋建筑只有一个室外综合温度

B　屋顶和四面外墙分别有各自的室外综合温度

C　屋顶一个，四面外墙一个，共有两个室外综合温度

D　屋顶一个，东西墙一个，南北墙一个，共有三个室外综合温度

17-41　下列哪一个因素与太阳辐射等效温度无关？（　　）

A　建筑物的朝向　　B　材料对太阳辐射的吸收率

C　太阳辐射强度　　D　室外空气温度

17-42　在进行外围护结构的隔热设计时，隔热处理的侧重点依次是（　　）。

A　西墙、东墙、屋顶　　B　南墙、西墙、屋顶

C　屋顶、西墙、东墙　　D　西墙、屋顶、南墙

17-43　以下哪条措施对建筑物的夏季防热是不利的？（　　）

A　外墙面浅色粉刷　　B　屋顶大面积绿化

C　窗户上设遮阳装置　　D　增大窗墙面积比

17-44　为使夏季室内少开空调，应该首先抑制（　　）。

A　屋顶的温差传热　　B　墙体的温差传热

C　通过窗户的太阳辐射　　D　窗户的温差传热

17-45　旧城改造项目中，新建住宅日照标准应符合下列哪项规定？（　　）

A　大寒日日照时数≥1h　　B　大寒日日照时数≥2h

C　大寒日日照时数≥3h　　D　冬至日日照时数≥1h

17-46　在建筑日照设计中，10 月 15 日的太阳赤纬角应该在下列哪一个范围内？（　　）

A　0°～−23°27′　　B　0°～23°27′　　C　23°27′～0°　　D　−23°27′～0°

17-47　在建筑日照设计中，由下列哪一组因素可计算出太阳高度角？（　　）

A　地理经度、墙体方位角、时角　　B　赤纬角、时角、墙体方位角

C　赤纬角、时角、地理纬度　　D　地理经度、时角、赤纬角

17-48　在建筑日照设计中，下面有关时角的叙述哪一个是不正确的？（　　）

A　规定正午（当地平均太阳时）时，时角的值为 0°

B 上午10：00（当地平均太阳时）时，时角为30°

C 时角由当地平均太阳时确定

D 时角每一小时改变15°

17-49 在建筑日照设计中，下面有关太阳方位角的叙述哪一个是不正确的？（ ）

A 太阳的方位角以正南方向为0°

B 上午，太阳的方位角为负值

C 太阳的方位角每一小时改变15°

D 太阳的方位角与地理纬度、日期和时刻有关

17-50 建筑遮阳有利于提高室内热环境质量和节约能源，下列哪一项不属于上述功能？（ ）

A 提高热舒适度　　B 减少太阳辐射热透过量

C 增加采暖能耗　　D 降低空调能耗

17-51 指出下述哪类固定式外遮阳的设置符合"在太阳高度角较大时，能有效遮挡从窗口上前方投射下来的直射阳光"，"宜布置在北回归线以北地区南向及接近南向的窗口"的要求？（ ）

A 水平式遮阳　　B 垂直式遮阳

C 横百叶挡板式遮阳　　D 竖百叶挡板式外遮阳

17-52 当风向投射角加大时，建筑物后面的旋涡区（ ）。

A 加大　　B 变小　　C 不变　　D 可能加大也可能变小

17-53 在组织自然通风时，下列哪一种建筑群的布局最不利于自然通风？（ ）

A 错列式　　B 周边式　　C 斜列式　　D 自由式

17-54 在严寒和寒冷地区居住建筑节能设计中，室外计算温度应该按下列哪一个参数确定？（ ）

A 最冷月室外平均温度　　B 最冷月室外最低温度

C 采暖期室外平均温度　　D 采暖期室外最低温度

17-55 在严寒和寒冷地区居住建筑节能设计中，计算建筑物的耗热量指标时，室内计算温度应取（ ）。

A 16°　　B 18°　　C 20°　　D 22°

17-56 在严寒和寒冷地区居住建筑节能设计中，要求下列哪一个参数必须满足节能标准的要求？（ ）

A 围护结构的传热阻　　B 建筑物的耗热量指标

C 围护结构的热惰性指标　　D 围护结构的结构热阻

17-57 在严寒和寒冷地区居住建筑节能设计中，外墙传热系数的限值限制的是（ ）。

A 墙体本身的传热系数　　B 各部分墙体传热系数的算术平均值

C 各部分墙体传热系数中的最大值　　D 考虑了热桥影响后计算得到的外墙平均传热系数

17-58 在《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26中，有条文规定了建筑物体形系数的上限，其主要原因是（ ）。

A 体形系数过大，外立面凹凸就多，遮挡窗口的阳光

B 减小体形系数可降低外围护结构的传热损失

C 体形系数越大，冷风渗透越严重

D 体形系数过大，平面布局困难

17-59 到2017年为止，我国已经制定并实施了几个建筑节能设计标准？（ ）

A 1个　　B 3个　　C 4个　　D 5个

17-60 在《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75中，将该地区又划分为（ ）。

A 1区、2区　　B 北区、南区　　C 东区、西区　　D 冷区、热区

17-61 在《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134中，要求新建的居住建筑与未采取节能措

施前相比，单位建筑面积全年的哪一项总能耗应减少50%？（　　）

A　采暖、照明和空调总能耗　　B　照明和空调总能耗

C　空调能耗　　D　采暖和空调总能耗

17-62　在《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75中，要求新建的居住建筑与参照建筑相比，单位建筑面积全年的采暖和空调总能耗应减少（　　）。

A　30%　　B　40%　　C　50%　　D　60%

17-63　在《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75中，要求新建的居住建筑与参照建筑相比，单位建筑面积的哪一项目应减少50%？（　　）

A　空调采暖年耗电指数　　B　全年的照明、采暖和空调能耗

C　全年空调能耗　　D　全年采暖能耗

17-64　在《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134中，冬季采暖室内热环境设计指标要求卧室、起居室的室内设计温度为（　　）。

A　18℃　　B　16～18℃　　C　16℃　　D　18～20℃

17-65　《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134对窗户气密性有一定的要求，主要原因是（　　）。

A　窗缝的空气渗透影响室内温度

B　窗缝的空气渗透会增加采暖空调的能耗

C　窗缝的空气渗透影响室内湿度

D　窗缝的空气渗透会将灰尘带入室内

17-66　在《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75中，对该区居住建筑的节能设计提出什么要求？（　　）

A　全区仅考虑夏季空调的节能设计

B　全区既考虑夏季空调又考虑冬季采暖的节能设计

C　北区既考虑夏季空调又考虑冬季采暖的节能设计，南区仅考虑夏季空调的节能设计

D　南区仅考虑夏季空调、北区仅考虑冬季采暖的节能设计

17-67　在《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75中，北区冬季采暖和全区夏季空调的室内设计计算温度分别为（　　）。

A　16℃、26℃　　B　17℃、24℃　　C　18℃、26℃　　D　20℃、28℃

17-68　在《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75中，室内空气的计算换气次数为（　　）。

A　0.5次/h　　B　1.0次/h　　C　1.5次/h　　D　2次/h

17-69　在《公共建筑节能设计标准》GB 50189中，将公共建筑分为甲、乙两类，下列哪一种属于甲类公共建筑？（　　）

A　单栋建筑面积≤200m^2

B　单栋建筑面积≤300m^2

C　单栋建筑面积≤300m^2但总建筑面积＞2000m^2的建筑群

D　单栋建筑面积≤300m^2但总建筑面积＞1000m^2的建筑群

17-70　根据《公共建筑节能设计标准》GB 50189中有关体形系数的规定，严寒地区一单栋建筑面积为500m^2的公共建筑的体形系数应（　　）。

A　≤0.30　　B　≤0.40　　C　≤0.45　　D　≤0.50

17-71　在《公共建筑节能设计标准》GB 50189中规定，严寒地区和其他地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于以下哪一组数值（　　）。

A　0.40，0.50　　B　0.60，0.70

C 0.50，0.60　　　D 0.65，0.75

17-72 为满足自然通风的需要，《公共建筑节能设计标准》GB 50189 中规定甲类公共建筑外窗应设可开启窗扇，其有效通风换气面积（　　）。

A 不宜小于所在房间外墙面积的 10%

B 不宜小于所在房间外墙面积的 30%

C 不宜小于窗面积的 10%

D 不宜小于窗面积的 30%

17-73 《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2015）中规定，以下哪一组地区的建筑各朝向外窗（包括透光幕墙）均应采取遮阳措施（　　）。

A 严寒地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区

B 夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区

C 夏热冬冷地区、夏热冬暖地区

D 夏热冬暖地区、温和地区

17-74 《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2015）中规定，甲类公共建筑的屋顶透光部分面积不应大于屋顶总面积的（　　）。

A 15%　　B 20%　　C 30%　　D 40%

参 考 答 案

17-1	A	17-2	C	17-3	C	17-4	D	17-5	B	17-6	B
17-7	C	17-8	C	17-9	D	17-10	B	17-11	A	17-12	C
17-13	A	17-14	A	17-15	D	17-16	A	17-17	B	17-18	C
17-19	D	17-20	C	17-21	C	17-22	A	17-23	D	17-24	A
17-25	C	17-26	A	17-27	D	17-28	B	17-29	C	17-30	B
17-31	B	17-32	D	17-33	A	17-34	D	17-35	C	17-36	D
17-37	A	17-38	A	17-39	B	17-40	B	17-41	D	17-42	C
17-43	D	17-44	C	17-45	A	17-46	A	17-47	C	17-48	B
17-49	C	17-50	C	17-51	A	17-52	B	17-53	B	17-54	C
17-55	B	17-56	B	17-57	D	17-58	B	17-59	C	17-60	B
17-61	D	17-62	C	17-63	A	17-64	A	17-65	B	17-66	C
17-67	A	17-68	B	17-69	D	17-70	D	17-71	B	17-72	A
17-73	B	17-74	B								

第十八章　建　筑　光　学

据统计，人类从外界得到的信息大约有80%来自光和视觉。对建筑师来说，良好的光环境在建筑功能和艺术上均是十分重要的。

建筑光学主要研究人眼睛的视觉特性，光和颜色的基本知识，光学材料的特性，天然采光和人工照明的特点、设计标准和设计方法，室内外环境照明对光和色的控制措施，了解照明节能的一般原则和措施。

第一节　建筑光学基本知识

一、光的特性和视觉

（一）光的特性

1. 光是以电磁波形式传播的辐射能。波长为380～780nm的辐射是可见光（图18-1）。纳米（nm）也称毫微米，1 nm=10^{-9}m。

2. 不同波长的光在视觉上形成不同的颜色，单色光是单一波长的光，如700nm的单色光呈红色；复合光是不同波长混合在一起的光。

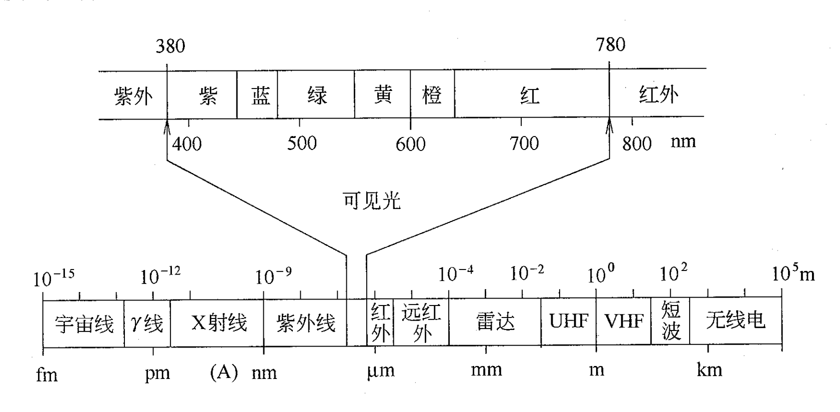


图18-1　光的基本性质图

（二）视觉

（1）视觉范围（视野）：当头和眼睛不动时，人眼能看到的空间范围叫视野。人眼的水平面视野为180°，垂直面130°，其中向上为60°，向下为70°。中心视线往外30°的视觉范围，看东西的清晰度比较好。

（2）人眼对不同波长的单色光敏感程度不同，在光亮环境中人眼对555nm的黄绿光最敏感（明视觉），在较暗的环境中对507（510）nm的蓝绿光最敏感（暗视觉）。人眼的这种特性用光谱光视效率曲线表示（图18-2），这两条曲线又叫$V(\lambda)$（明视觉）和$V'(\lambda)$（暗视觉）曲线。建筑光学主要研究明视觉特性。

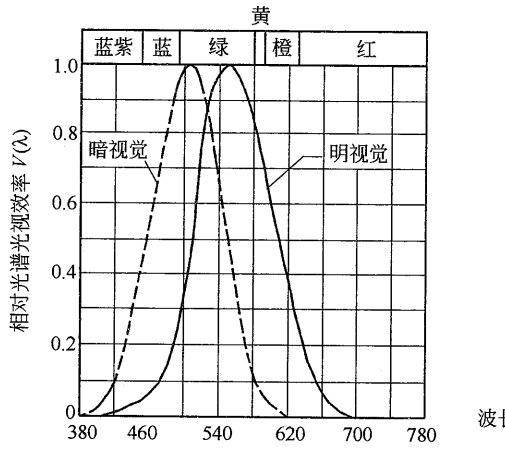


图 18-2 可见光光谱光视效率

二、基本光度单位及应用

常用光度量有光通量、发光强度、照度、亮度。

(一) 光通量

光通量是根据辐射对标准光度观察者的作用导出的光度量，符号是 Φ，单位是流明(lm)。光源在整个空间发出的光通量叫总光通量。对于明视觉：

$$\Phi = K_m \sum \Phi_{e,\lambda} V(\lambda)(\mathrm{lm}) \tag{18-1}$$

式中 Φ——光通量 (lm)；

$\Phi_{e,\lambda}$——波长为 λ 的光谱辐射通量 (W)；

V (λ) ——CIE 光谱光视效率，无量纲 (CIE——国际照明委员会)；

K_m——最大光谱光视效能，在明视觉 (λ =555nm) 时，K_m 为 683lm/W，即 1 光瓦=683lm。

40W 白炽灯的光通量约为 350lm，36W T8 型荧光灯光通量约为 3350lm，比白炽灯高 8 倍多。

(二) 发光强度

1. 立体角

球面面积和球心 O 形成的角度叫立体角，符号 Ω，单位是球面度 (sr)。

$$\Omega = \frac{A}{r^2}(\mathrm{sr}) \tag{18-2}$$

式中 A——球面面积；

r——球体半径。

球的外表面积 $S_{球} = 4\pi r^2$，所以整个球面形成的立体角为 $\Omega_{球} = (4\pi r^2)/r^2 = 4\pi = 12.57\mathrm{sr}$。

2. 发光强度

光源在给定方向上的发光强度是光源在这一方向立体角 $\mathrm{d}\Omega$ 内传输的光通量 $\mathrm{d}\Phi$ 与该立体角之比，符号为 I，单位是坎德拉 (cd)。

$$I_\alpha = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}\Omega} \tag{18-3}$$

$$1\text{cd} = 1\text{lm/sr}$$

发光强度表征光源或灯具发出的光通量在空间的分布密度。一个白炽灯泡点亮后向四周发出光通量，它的各个方向发光强度大致相等；如果加上一个向下反射的灯罩，向下的发光强度增加，向上的发光强度减少，从而使光能充分地利用。例如一个 40W 的白炽灯平均光强为 350/4π=28cd，加上一个搪瓷灯罩后，正下方光强增加到 70～80cd。

（三）照度

表面上一点的照度是入射在包括该点面元上的光通量 $\mathrm{d}\Phi$ 和该面元面积 $\mathrm{d}A$ 之比，符号是 E，单位是勒克斯（lx）。

$$E = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A}(\text{lx}) \tag{18-4}$$

$$1\text{lx} = 1\text{lm/m}^2$$

照度是被照面单位面积上接受光通量的多少。夏季中午日光下，地平面上的照度可达 10^5lx。40W 白炽灯台灯下，桌面上平均照度约为 200～300lx。

在英制单位，照度单位是英尺坎德拉（fc），由于 $1\text{m}^2=10.76\text{f}^2$，所以 1fc=10.76lx。

照度是建筑光环境评价中重要的指标之一。

（四）发光强度和照度的关系

在灯下看书，离灯近一些看得清楚。在同一盏灯下，安装一个大功率的灯泡比一个小功率的灯泡看书要亮一些。

如果以球面为被照面，光线垂直于被照面时，

$$E = \frac{I}{r^2}(\text{lx}) \tag{18-5}$$

上式叫平方反比定律，即被照面上的照度与光源的发光强度成正比，与距离的平方成反比（图 18-3）。

光线和被照面不垂直时，

$$E = \frac{I_\alpha}{r^2}\cos i(\text{lx}) \tag{18-6}$$

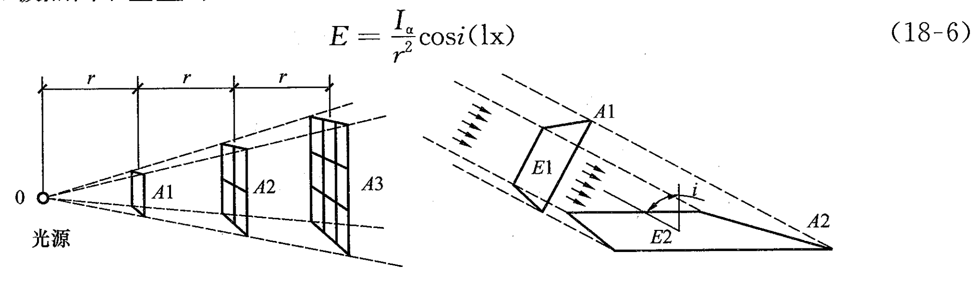


图 18-3　照度公式推导图示

（五）亮度

发光面或反光面在单位面积上的发光强度，符号 L_α，单位是坎德拉每平方米(cd/m^2)。

$$L_\alpha = \frac{I_\alpha}{A \cdot \cos\alpha}(\text{cd/m}^2) \tag{18-7}$$

式中　I_α——发光体朝视线方向的发光强度（cd）；

$A \cdot \cos\alpha$——发光体在视线方向的投影面积（m^2）。

$$1\text{cd/m}^2 = \frac{1\text{lm}}{\text{m}^2\,\text{sr}}$$

1 坎德拉每平方米也叫尼特（nt，nit）。

亮度的单位还有熙提（sb）、阿熙提（asb），它们的关系是：

$$1\text{sb}=1\text{cd/cm}^2，1\text{sb}=10^4\text{nt}，1\text{asb}/\pi=1\text{nt}$$

太阳的亮度为 20 万 sb、白炽灯丝的亮度为 300～500sb，40W 荧光灯亮度为 0.8～0.9sb，无云蓝天的亮度为 0.2～2.0sb。

（六）照度和亮度的关系

$$E=L\cdot\Omega\cdot\cos i \quad (18\text{-}8)$$

$$\Omega=\frac{A\cdot\cos\alpha}{r^2} \quad (18\text{-}9)$$

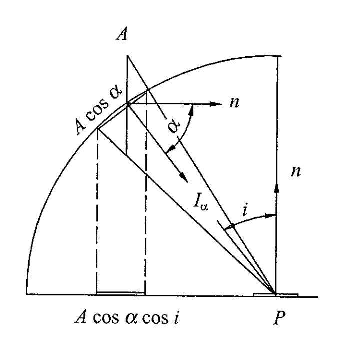


图 18-4　照度和亮度之间的关系

从上式可以看出，某发光面在被照面形成的照度和发光面的亮度成正比，与发光面在被照面上的立体角投影成正比，上式也叫立体角投影定律（图 18-4）。

光基本量的定义、符号、单位、公式见表 18-1。

光基本量的定义、符号、单位、公式　　表 18-1

名　称	定　义	符　号	单　位	公　式
光通量	光源发出光的总量	Φ	流明（lm）	$\Phi=K_m\sum\Phi_{e,\lambda}V_{(\lambda)}$
发光强度	光源光通量在空间的分布密度	I_α	坎德拉 1cd=1lm/sr	$I_\alpha=d\Phi/d\Omega$
照　度	被照面接收的光通量	E	勒克斯 1lx=1lm/m²	$E=d\Phi/dA$
亮　度	光源或被照面的明亮程度	L_α	坎德拉每平方米（cd/m²），nt	$L_\alpha=I_\alpha/(A\cdot\cos\alpha)$

三、材料的光学性质

（一）反射比、透射比、吸收比

假设总的入射光能为 Φ，反射的光能为 Φ_ρ，吸收的光能为 Φ_α，透射的光能为 Φ_τ，见图 18-5，得到，

$$\rho=\frac{\Phi_\rho}{\Phi} \quad \text{反射比（反射系数、反光系数、反射率）} \quad (18\text{-}10)$$

$$\alpha=\frac{\Phi_\alpha}{\Phi} \quad \text{吸收比（吸收系数、吸收率）} \quad (18\text{-}11)$$

$$\tau=\frac{\Phi_\tau}{\Phi} \quad \text{透射比（透光系数、透射系数、透光率）} \quad (18\text{-}12)$$

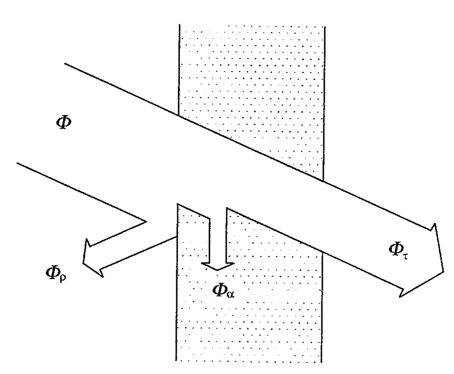


图 18-5　光线的反射、透射和吸收

各种材料在光线的入射角度不同时的反射比、吸收比和透光比是不同的。其入射角度是指光线和被照面的法线之间的夹角。光线垂直入射，即入射角小，反射的光线少，如果是透光材料，吸收的光线少，透过的光线多。

根据能量守恒定律，总的入射光能应当等于反射、吸收和透射光能之和，$\rho+\tau+\alpha=1$。

石膏的反射比为 0.91，白乳胶漆表面反射比为 0.84，水泥砂浆抹面的反射比为 0.32。3～6mm 厚的普通玻璃的透射比为 0.82～0.78，3～

6mm 厚的磨砂玻璃的透射比为 0.6～0.55。

（二）规则反射和透射

规则反射（定向反射）。光线照射到玻璃镜、磨光的金属等表面会产生规则反射。这时在反射角的方向能清楚地看到光源的影像，入射角等于反射角，入射光线、反射光线和法线共面。它主要用于把光线反射到需要的地方，如灯具；扩大空间，如卫生间、小房间、化妆台、地下建筑采光等。

规则透射（定向透射）。光线照射玻璃、有机玻璃等表面会产生规则透射，这时它遵循折射定律。用平板玻璃能透过视线采光；用凹凸不平的压花玻璃能隔断视线采光。

经规则反射和规则透射后光源的亮度和发光强度，比光源原有的亮度和发光强度有所降低。

$$L_{\rho} = L \times \rho \text{ 或 } L_{\tau} = L \times \tau \tag{18-13}$$

$$I_{\rho} = I \times \rho \text{ 或 } I_{\tau} = I \times \tau(\text{cd}) \tag{18-14}$$

式中 L_{ρ}、L_{τ}——经过反射或透射后的光源亮度；

I_{ρ}、I_{τ}——经过反射或透射后的发光强度；

L、I——光源原有亮度或发光强度；

ρ、τ——材料的反射比或透射比。

（三）扩散反射和透射

1. 漫反射和漫透射

漫反射（均匀扩散反射）。光线照射到氧化镁、石膏、粉刷、砖墙、绘图纸等表面时，这些材料将光线向四面八方反射或扩散，各个角度亮度相同，看不见光源的影像。

漫透射（均匀扩散透射）。光线照射到乳白玻璃、乳白有机玻璃、半透明塑料等表面时，透过的光线各个角度亮度相同，看不见光源的影像。

经漫反射或漫透射后的亮度为（单位：cd/m^2）：

$$L(\text{cd/m}^2) = E(\text{lx}) \times \rho/\pi \tag{18-15}$$

$$L(\text{cd/m}^2) = E(\text{lx}) \times \tau/\pi \tag{18-16}$$

如果用另一个亮度单位阿熙提（asb）表示，则：

$$L(\text{asb}) = E(\text{lx}) \times \rho \tag{18-17}$$

$$L(\text{asb}) = E(\text{lx}) \times \tau \tag{18-18}$$

$$1\text{asb}/\pi = 1\text{cd/m}^2$$

经漫反射或漫透射后，其最大发光强度在表面法线方向，其他方向的发光强度遵循朗伯余弦定律：

$$I_{\text{i}} = I_0 \times \cos i(\text{cd}) \tag{18-19}$$

式中 I_0——法线方向的发光强度；

i——法线和所求方向的夹角。

2. 混合反射和混合透射

（1）混合反射。规则反射和漫反射材料如油漆表面、光滑的纸、粗糙金属表面等大部分材料，在反射方向能看到光源的大致影像。

（2）混合透射。规则透射和漫透射材料如毛玻璃等，透过它，可以看到光源的大致影像。

例 18-1 （2011）下列哪项材料具有漫反射特性？

A 镜面　　　　B 透明玻璃

C 粉刷墙面　　　　D 有机玻璃

提示：光线照射到氧化镁、石膏、粉刷、砖墙、绘图纸等表面时，这些材料将光线向四面八方反射或扩散，各个角度亮度相同，看不见光源的影像，这种材料叫漫反射材料。

答案：C

四、可见度及其影响因素（视觉的基本特性）

可见度就是人眼辨认物体存在或形状的难易程度。用来定量表示人眼看物体的清晰程度。

（一）亮度

照度或亮度高，看得清楚。人们能看见的最低亮度阈为 10^{-5}asb。随着亮度的增大，可见度增大。1500lx～3000lx 可见度最好。当物体亮度超过 16sb 时，人们就感到刺眼。

光量效应。人眼感到房间照度变化差值和照度水平之比，它总是个常数，$\Delta E/E=K$（常数）。例如，照度为 10lx 的房间，增加 1lx 的照度就觉得照度变了；而在照度为 100lx 的房间，则要增加 10lx 照度才能觉察出照度发生变化，两者比率都是 0.1。

（二）物体的相对尺寸（视角）

物体尺寸 d，眼睛至物体的距离 l 形成视角 α（单位为′），其关系如下：

$$\alpha=\frac{d}{l}\cdot 3440(')\tag{18-20}$$

在医学上识别细小物体的能力叫视力。它是所观看最小视角的倒数，即：视力＝$1/\alpha_{min}$。在 5m 远的距离看视力表上的视标，当视标为 1.46mm 时，视角正好为 1 分，医学上把能识别 1 分视角的视标的视力作为 1.0，识别 2 分视标的视力等于 0.5（1/2）。

（三）亮度对比

观看对象的亮度与它的背景亮度（或颜色）的对比，对比大，即亮度或颜色差异越大，可见度越高。亮度对比系数 C＝目标与背景的亮度差 ΔL/背景亮度 L_b。

物体亮度、视角大小和亮度对比对可见度的影响：

（1）观看对象在眼睛处形成的视角不变时，如果亮度对比下降，则需要增加照度才能保持相同的可见度。

（2）视角愈小，需要的照度愈高。

（3）天然光比人工光更有利于可见度的提高。

（四）识别时间

眼睛观看物体时，物体呈现时间愈短，愈需要更高的亮度才能引起视感觉。物体愈亮，察觉它的时间就愈短。

暗适应、明适应。人们从明亮环境到暗环境时，经过 10～35min 眼睛才能看到周围的物体，这个适应过程叫暗适应。由暗环境到明亮环境的适应叫明适应，明适应约需3～6s。

（五）避免眩光

眩光是指在视野中由于亮度的分布或亮度范围不适宜，或存在着极度对比，以致引起不舒适感觉或降低观察细部或目标能力的视觉现象。眩光分为直接眩光和反射眩光。

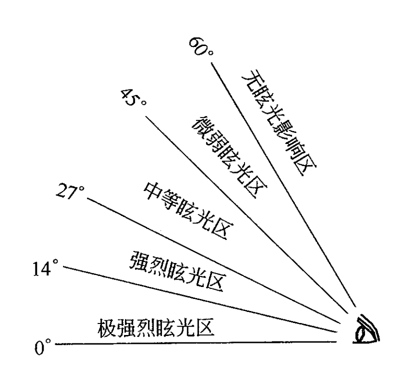


图 18-6　光源位置的眩光效应

在采光和照明设计时，要尽量避免眩光的出现，若有眩光，也应把它限制在允许范围内。

1. 直接眩光的控制方法

（1）限制光源亮度；

（2）增加眩光源的背景亮度，减少二者之间的亮度对比；

（3）减小眩光源对观察者眼睛形成的立体角；

（4）尽可能增大眩光源的仰角，眩光光源或灯具的位置偏离视线的角度越大，眩光越小，仰角超过 60°后就无眩光作用，见图 18-6。

2. 反射眩光的控制方法

（1）视觉作业的表面为无光泽表面；

（2）视觉作业避开和远离照明光源同人眼形成的规则反射区域；

（3）使用发光表面面积大、亮度低的光源；

（4）使引起规则反射的光源形成的照度在总照度中所占的比例减少。

五、颜色

（一）颜色的基本特性

1. 光源色

由各种光源发出的光，光波的长短、强弱、比例、性质不同，形成不同的色光，叫作光源色。

2. 物体色

光被物体反射或透射后的颜色叫物体色。物体色取决于光源的光谱组成和物体对光谱的反射或透射情况。

（二）颜色定量

1. CIE 1931 标准色度系统

国际照明委员会（CIE）1931 年推荐的色度系统见图 18-7。它把所有颜色用 x，y 两个坐标表示在一张色度图上。图上一点表示一种颜色。马蹄形曲线表示单一波长的光谱轨迹。400～700nm 称为紫红轨迹，它表示光谱轨迹上没有的由紫到红的颜色。图上中心点 E 是等能白光（白色），由三原色各占 1/3 组成，色坐标 $X_E=Y_E=Z_E=0.333$。

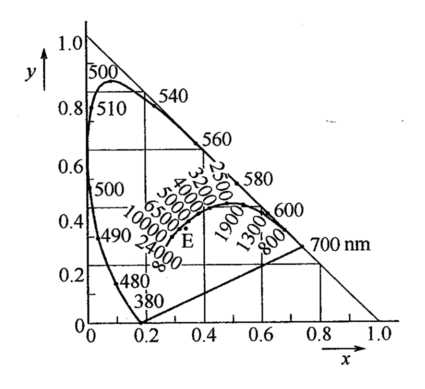


图 18-7　CIE 色度体系图（色品图）

CIE1931 标准色度系统比孟氏表色系统应用更广，它不但可表示光源色，也可表示物体色。图中的曲线表示光源的色温。例如，$X=0.425$，$Y=0.400$ 时光源的色温约为 3200K。

2. 孟塞尔（A. H. Munsell）表色系统

孟塞尔表色系统是按颜色三个基本属性：色调 H、明度 V 和彩度 C 对颜色进行分类与标定的体系，见图 18-8。

色调分为 R、Y、G、B、P 五个主色调和 YR、GY、BG、PB 和 RP 五个中间色调；中轴表示明度，理想黑为 0，理想白为 10，共 11 级；明度轴至色调的水平距离表示彩度

的变化，离中轴越远，彩度越大。

表色符号的排列是先写色调 H，再写明度 V，画一斜线，最后写彩度 C，即 HV/C。例如，10Y8/12 的颜色表示色调为黄色与绿色的中间色，明度为 8，彩度为 12。无彩色用 N 表示，只写明度，不写彩度。例如，N7/表示明度为 7 的中性色。

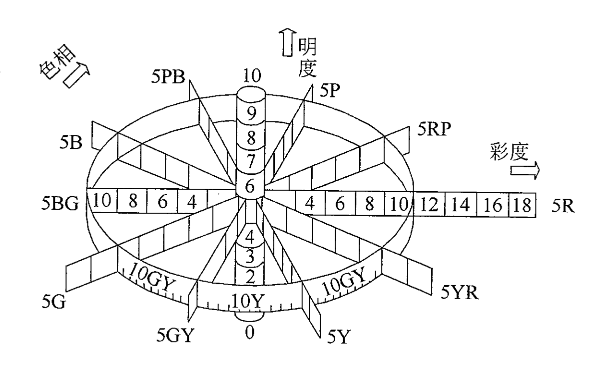


图 18-8 孟塞尔表色体系图（孟氏色立体图）

（三）光源的色温和显色性

1. 光源色温和相关色温

当光源的颜色和一完全辐射体（黑体）在某一温度下发出的光色相同时，完全辐射体的温度就叫作光源的色温，符号 T_c，单位为 K（绝对温度）。把某一种光源的色品与某一温度下的黑体的色品最接近时的黑体温度称为相关色温，符号 T_{sp}。太阳光和热辐射电光源可以用色温描述，而气体放电和固体发光光源则用相关色温描述。40W 白炽灯的色温为 2700K，40W 荧光灯的相关色温为 3000～7500K，普通高压钠灯的相关色温为 2000K，HID（高强度气体放电灯，如金卤灯等）的相关色温为 4000～6000K，日光的色温为 5300～5800K。

2. 光源的显色性

光源的显色性用显色指数表征，物体在待测光源下的颜色和它在参考标准光源下颜色相比的符合程度叫作光源显色指数，符号 R_a 和 R_i，R_a 为一般显色指数，R_i 为特殊显色指数。普通照明光源用 R_a 作为显色性的评价指标。R_a 的最大值为 100，100～80 为显色优良，79～50 为显色一般，小于 50 为显色较差。例如：500W 白炽灯 R_a 为 95～99，荧光灯为 50～93，400W 荧光高压汞灯为 40～50，1000W 镝灯为 85～95，高压钠灯为 20～60。

第二节 天 然 采 光

一、光气候和采光系数

天然光特性（又称光气候特性）

（一）光气候

1. 天然光的组成和影响因素

（1）晴天：天空无云或很少云（云量为 0～3 级）。晴天天然光由直射阳光和天空扩散光两部分组成，直射阳光占 90%，天空扩散光占 10%。天空最亮处在太阳附近，太阳亮度达 20 万熙提（sb），天空亮度一般为 0.2～2.0sb，在与太阳呈 90°角处是最低值。

（2）阴天：天空云量很多或全云（云量为 8～10 级）。全云天时地面无直射阳光，只有天空扩散光。

国际照明委员会（CIE）对全云天空（也称全阴天空）的定义是：当天空全部被云遮挡，看不清太阳的位置，天空的亮度分布符合：

$$L_\theta = \frac{1+2\sin\theta}{3} \cdot L_z \tag{18-21}$$

式中　L_z—— 天顶亮度，cd/cm^2，天顶亮度是接近地平线处天空亮度的 3 倍；

L_θ—— 与地面呈 θ 角处的天空亮度，cd/cm^2。

采光设计与采光计算都假设天空为全云天空，计算起来比较简单。

在全阴天空下，地平面的照度用下式计算

$$E_{地} = \frac{7}{9} \cdot \pi \cdot L_z(\text{lx}) \tag{18-22}$$

式中　$E_{地}$—— 地面照度，lx；

L_z—— 天顶亮度，cd/m^2。

影响天然光的因素有太阳高度角、云状、地面反射能力、大气透明度。

（3）多云天：多云天天然光也是由直射阳光和天空扩散光两部分组成，但两部分的比例和晴天不同。

2. 我国光气候概况

我国天然光最丰富的地区是西北和北部地区，向南逐步降低，四川盆地最低。

（二）光气候分区

根据室外天然光年平均总照度值（从日出后半小时到日落前半小时全年日平均值），将我国分为Ⅰ～Ⅴ类光气候区。用光气候系数与相应室外天然光设计照度值表示该区天然光的高低（表 18-2）。中国光气候分区图参见《建筑采光设计标准》GB 50033—2013（以下简称《采光标准》）中的附录 A；北京为Ⅲ类光气候区，重庆为Ⅴ类光气候区，北京的光气候系数是 1.0。要取得同样照度，Ⅰ类光气候区开窗面积最小，Ⅴ类光气候区开窗面积最大。

光气候系数 K 值与室外天然光设计照度值 E_s　　　　**表 18-2**

光气候区	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
K 值	0.85	0.90	1.00	1.10	1.20
室外天然光设计照度值 E_s（lx）	18000	16500	15000	13500	12000

（三）采光系数

$$C = \frac{E_n}{E_w} \cdot 100\% \tag{18-23}$$

式中　C——采光系数，%；

E_n——在全云天空漫射光照射下，室内给定平面上的某一点由天空漫射光所产生的照度，lx；

E_w——在全云天空漫射光照射下，与室内某一点照度同一时间、同一地点，在室外无遮挡水平面上由天空漫射光所产生的室外照度，lx。

二、窗洞口

（一）侧窗

侧窗构造简单，布置方便，造价低，光线的方向性好，有利于形成阴影，适于观看立体感强的物体，并可通过窗看到室外景观，扩大视野，在大量的民用建筑和工业建筑中得到广泛的应用。侧窗的主要缺点是照度分布不均匀，近窗处照度高，往里走，水平照度下降速度很快，到内墙处，照度很低，离内墙 1m 处照度最低。侧窗采光房间进深不要超过

窗口上沿高度的2倍，否则需要人工照明补充。

当窗口面积相等且窗底标高相同时，正方形窗口的采光量（室内各点的照度总和）最大，竖长方形次之，横长方形最小；沿进深方向的照度均匀性，竖长方形最好，正方形次之，横长方形最差；沿宽度方向的照度均匀性，横长方形最好，正方形次之，竖长方形最差。

侧窗分单侧窗、双侧窗和高侧窗三种，高侧窗主要用于仓库和博览建筑。

（二）天窗

随着建筑物室内面积的增大，只用侧窗不能达到采光要求，需要天窗采光，多层建筑的顶层也可以用天窗采光。天窗分为以下几种类型：

1. 矩形天窗

(1) 纵向矩形天窗：这种天窗的突出特点是采光比侧窗均匀，即工作面照度比较均匀，天窗位置较高，不易形成眩光，在大量的工业建筑，如需要通风的热加工车间和机加工车间应用普遍。为了避免直射阳光射入室内，天窗的玻璃最好朝向南北，这样阳光射入的时间少，也易于遮挡。天窗宽度一般为跨度的一半左右，天窗下沿至工作面的高度为跨度的0.35～0.7倍。

梯形天窗室内采光量提高约60%，但构造复杂，玻璃易积尘，阳光易射入室内，应慎重选用。

(2) 横向天窗（横向矩形天窗）：这种天窗采光效果与矩形天窗相近，采光均匀性好，造价低，省去天窗架，能降低建筑高度。设计时，车间长轴应为南北向，即天窗玻璃朝向南北。

(3) 井式天窗：采光系数较小，这种窗主要用于通风兼采光，适用于热处理车间。

2. 锯齿形天窗

这种天窗有倾斜的顶棚作反射面，增加了反射光的分量，采光效率比矩形天窗高15%～20%。窗口一般朝北，以防止直射阳光进入室内，而不影响室内温度和湿度的调节。光线均匀，方向性强，在纺织厂大量使用这种天窗，轻工业厂房、超级市场、体育馆也常采用这种天窗。

3. 平天窗

这种天窗的特点是采光效率高，是矩形天窗的2～3倍。从照度和亮度之间的关系式 $E=L\cdot\Omega\cdot\cos i$ 看出，对计算点处于相同位置的矩形天窗和平天窗，如果面积相等，平天窗对计算点形成的立体角大，所以其照度值就高。另外平天窗采光均匀性好，布置灵活，不需要天窗架，能降低建筑高度，大面积车间和中庭常使用平天窗。设计时应注意采取防止污染、防止直射阳光影响和防止结露的措施。

在平、剖面相同时，天窗的采光效率：平天窗最大，其次为梯形天窗、锯齿形天窗，矩形天窗最差。

设计时，可用以上某一种采光窗，也可同时使用几种窗，即混合采光方式。

三、采光设计

（一）采光标准

1. 采光标准值

各采光等级参考平面上的采光标准值按表18-3（《采光标准》中的表3.0.3）选取。

各采光等级参考平面上的采光标准值　　表 18-3

采光等级	侧面采光		顶部采光	
	采光系数标准值（%）	室内天然光照度标准值（lx）	采光系数标准值（%）	室内天然光照度标准值（lx）
Ⅰ	5	750	5	750
Ⅱ	4	600	3	450
Ⅲ	3	450	2	300
Ⅳ	2	300	1	150
Ⅴ	1	150	0.5	75

注：1. 工业建筑参考平面取距地面 1m，民用建筑取距地面 0.75m，公用场所取地面。
2. 表中所列采光系数标准值适用于我国Ⅲ类光气候区，采光系数标准值是按室外设计照度值 15000lx 制定的。
3. 采光标准的上限值不宜高于上一采光等级的级差，采光系数值不宜高于 7%。
4. 对于Ⅰ、Ⅱ采光等级的侧面采光，当开窗面积受到限制时，其采光系数值可降低到Ⅲ级，所减少的天然光照度应采用人工照明补充。
5. 在建筑设计中应为窗户的清洁和维修创造便利条件。
6. 采光设计实际效果的检验，应按现行国家标准《采光测量方法》GB/T 5699 的有关规定执行。
7. 无论侧面采光还是顶部采光，采光系数标准值统一取采光系数平均值。

GB 50033—2013 版《采光标准》中提出了四项强制性条文（其中的采光数值要求仍是以Ⅲ类光气候区为对象，其他光气候区需乘光气候系数）：

（1）住宅建筑的卧室、起居室（厅）、厨房应有直接采光。

（2）住宅建筑的卧室、起居室（厅）的采光不应低于采光等级Ⅳ级的采光标准值，侧面采光的采光系数不应低于 2.0%，室内天然光照度不应低于 300lx。

（3）教育建筑的普通教室的采光不应低于采光等级Ⅲ级的采光标准值，侧面采光的采光系数不应低于 3.0%，室内天然光照度不应低于 450lx。

（4）医疗建筑的一般病房的采光不应低于采光等级Ⅳ级的采光标准值，侧面采光的采光系数不应低于 2.0%，室内天然光照度不应低于 300lx。

2. 采光质量

（1）采光均匀度：为采光系数最低值与采光系数平均值之比，Ⅰ～Ⅳ级顶部采光的采光均匀度不宜小于 0.7。为此，相邻两天窗中线间的距离不宜大于工作面至天窗下沿高度的 1.5 倍。侧面采光不作规定。

（2）窗眩光：采光设计时，应采取措施减少窗眩光：作业区应减少或避免直射阳光照射，不宜以明亮的窗口作为视看背景，可采用室内外遮挡设施如遮阳、窗帘等降低窗亮度或减少对天空的视看立体角，宜将窗结构的内表面或窗周围的内墙面做成浅色饰面。

（3）光反射比：室内各表面顶棚（0.6～0.9），墙面（0.3～0.8），桌面、工作台面、设备表面（0.2～0.6），地面（0.1～0.5）光反射比依次降低。

注意光线的方向性；需要补充人工照明的场所，宜选用接近天然光色温的高色温光源；需识别颜色的场所，宜采用不改变天然光光色的采光材料。

（二）窗地面积比的估算

采光窗窗口面积一般先用表 18-4（《采光标准》中的表 6.0.1）提供的窗地面积比（A_c/A_d）和采光有效进深（b/h_s）（定义见本节第五部分）进行估算，表中内容为Ⅲ类光气候区的计算数值，其他光气候区的窗地面积比应乘表 18-2 中的光气候系数 K。对于侧面采光，窗口面积应为参考平面以上的窗洞口面积。要记住Ⅲ类光气候区下面几种主要建筑的窗地面积比（以侧窗为例）：

窗地面积比和采光有效进深 **表 18-4**

采光等级	侧面采光		顶部采光
	窗地面积比（A_c/A_d）	采光有效进深（b/h_s）	窗地面积比（A_c/A_d）
Ⅰ	1/3	1.8	1/6
Ⅱ	1/4	2.0	1/8
Ⅲ	1/5	2.5	1/10
Ⅳ	1/6	3.0	1/13
Ⅴ	1/10	4.0	1/23

注：1. 窗地面积比计算条件：窗的总透射比 τ 取 0.6；室内各表面材料反射比的加权平均值：Ⅰ～Ⅲ级取 ρ_j=0.5；Ⅳ级取 ρ_j=0.4；Ⅴ级取 ρ_j=0.3；
2. 顶部采光指平天窗采光，锯齿形天窗和矩形天窗可分别按平天窗的 1.5 倍和 2 倍窗地面积比进行估算。

1. 各类建筑走道、楼梯间、卫生间的窗地面积比为 1/10（采光系数最低值 1%，室内照度标准值 150lx）。

2. 住宅的卧室、起居室和厨房的窗地面积比为 1/6（采光系数最低值 2%，室内照度标准值 300lx）。

3. 综合医院的候诊室、一般病房、医生办公室、大厅窗地面积比为 1/6。

4. 图书馆的目录室窗地面积比为 1/6。

5. 旅馆的大堂、客房、餐厅的窗地面积比为 1/6。

6. 展览建筑的登录厅、连接通道，交通建筑的出站厅、连接通道、自动扶梯，体育建筑的体育馆场地、入口大厅、休息厅、休息室、贵宾室、裁判用房等窗地面积比均为 1/6（即采光等级Ⅳ，2013 版《采光标准》新增）。

7. 教育建筑的专用教室，办公建筑的办公室、会议室的窗地面积比为 1/5（采光系数标准值 3%，室内天然光照度标准值 450lx）。

8. 综合医院的诊室、药房窗地面积比为 1/5。

9. 图书馆的阅览室、开架书库的窗地面积比为 1/5。

10. 展览建筑的展厅（单层及顶层），交通建筑的进站厅、候机（车）厅等窗地面积比均为 1/5（即采光等级Ⅲ，2013 版《采光标准》新增）。

11. 办公建筑的设计室、绘图室的窗地面积比为 1/4（采光系数标准值 4%，室内天然光照度标准值 600lx）。

《民用建筑设计通则》GB 50352－2005 第 7.1.2 条规定，侧窗采光口离地面高度在 0.80m 以下的部分不应计入有效采光面积（《住宅设计规范》GB 50096－2011 第 7.1.7 条规定，采光窗下沿离楼面或地面高度低于 0.50m 的窗洞口面积不应计入采光面积内，窗

洞口上沿距地面高度不宜低于 2.00m)；采光口上部有宽度超过 1m 以上的外廊、阳台等外挑遮挡物，其有效采光面积可按采光口面积的 70%计算；用水平天窗采光时，其有效采光面积可按侧面采光口面积的 2.5 倍计算。

（三）博物馆和美术馆建筑的采光设计

1. 避免直接眩光：观看展品时，窗口应处在视野范围之外，从参观者的眼睛到画框边缘和窗口边缘的夹角要大于 14°，见图 18-9。

2. 避免一、二次反射眩光（映像）：对面高侧窗的中心和画面中心连线和水平线的夹角大于 50°，见图 18-10。

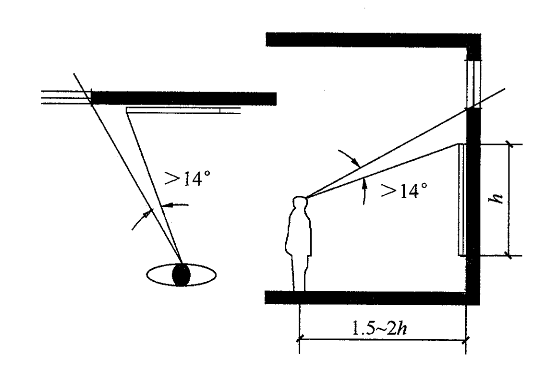


图 18-9　避免直接眩光　　　　图 18-10　避免一次反射眩光

3. 墙面的色调应采用中性色，其反射比取 0.3 左右。

4. 对光不敏感的陈列室和展厅，如无特殊要求，应根据展品特性和使用要求优先采用天然采光。

5. 书画装裱室设置在建筑北侧，工作时一般仅用天然光照明。

四、采光计算

（一）侧面采光

采光系数平均值（图 18-11）可按下式计算（对采光形式复杂的建筑，应利用计算机模拟软件或缩尺模型进行采光计算分析）。典型条件下的采光系数平均值可按《采光标准》附录 C 表 C.0.1 取值。

$$C_{av} = \frac{A_c \tau \theta}{A_z(1-\rho_j^2)} \quad (18\text{-}24)$$

$$\tau = \tau_0 \cdot \tau_c \cdot \tau_w \quad (18\text{-}25)$$

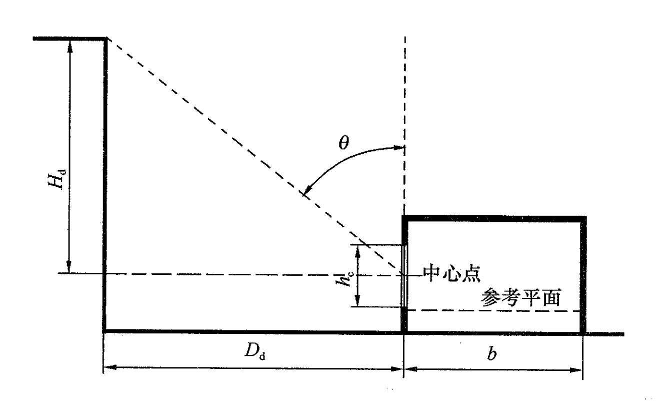


图 18-11　侧面采光示意图

式中　τ——窗的总透射比；

A_c——窗洞口面积（m^2）；

A_z——室内表面总面积（m^2）；

ρ_j——室内各表面反射比的加权平均值；

θ——从窗中心点计算的垂直可见天空的角度值，无室外遮挡 θ 为 90°；

τ_0——采光材料的透射比；

τ_c——窗结构的挡光折减系数；

τ_w——窗玻璃的污染折减系数。

例 18-2 （2014）关于侧面采光系数平均值计算式中，与下列参数无直接关系的是：

A 窗洞口面积　　B 室内表面总面积

C 窗的总透射比　　D 采光有效进深

提示： 由侧面采光系数平均值计算公式 18-24 和图 18-11 可知，侧面采光系数平均值与窗洞口面积（选项 A）、室内表面总面积（选项 B）和窗的总透射比（选项 C）均有直接关系，而与采光有效进深（选项 D）没有直接关系。

答案： D

（二）顶部采光

顶部采光（图 18-12）计算可按下列方法进行。

$$C_{av} = \tau \cdot CU \cdot A_c/A_d \quad (18\text{-}26)$$

式中 C_{av}——采光系数平均值（%）；

τ——窗的总透射比；

CU——利用系数；

A_c/A_d——窗地面积比。

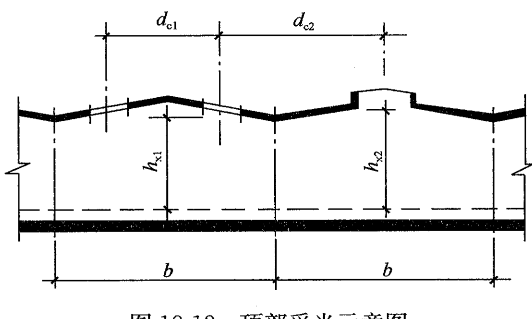


图 18-12 顶部采光示意图

（三）导光管系统采光

导光管系统采光设计时，宜按下列公式进行天然光照度计算：

$$E_{av} = \frac{n \cdot \Phi_u \cdot CU \cdot MF}{l \cdot b} \quad (18\text{-}27)$$

式中 E_{av}——平均水平照度（lx）；

n——拟采用的导光管采光系统数量；

CU——导光管采光系统的利用系数；

MF——维护系数，导光管采光系统在使用一定周期后，在规定表面上的平均照度或平均亮度与该装置在相同条件下新装时在同一表面上所得到的平均照度或平均亮度之比；

Φ_u——导光管采光系统漫射器的设计输出光通量（lm）。

五、关于《建筑采光设计标准》GB 50033—2013 的集中说明

建筑自然采光的重要标准《建筑采光设计标准》已更新至 2013 版本并已执行，其内容较旧版本有较大改动，部分术语、数值的变动尚未反映在相关教材及其他规范、标准中。为便于读者阅读，本部分针对新版《建筑采光设计标准》中增补、修改的重要内容进行集中介绍如下。

（一）术语的变更和新增

1. 采光系数标准值 standard value of daylight factor

在规定的室外天然光设计照度下，满足视觉功能要求时的采光系数值。

2. 室外天然光设计照度 design illuminance of exterior daylight

室内全部利用天然光时的室外天然光最低照度。符号为 E_s。

3. 室内天然光照度标准值 standard value of interior daylight illuminance

对应于规定的室外天然光设计照度值和相应的采光系数标准值的参考平面上的照度值。

4. 室外天然光临界照度 critical illuminance of exterior daylight

室内需要全部开启人工照明时的室外天然光照度。符号为 E_l。

5. 窗地面积比 ratio of glazing to floor area

窗洞口面积与地面面积之比。对于侧面采光，应为参考平面以上的窗洞口面积。

6. 采光有效进深 depth of daylighting zone

侧面采光时，可满足采光要求的房间进深。新标准用房间进深与参考平面至窗上沿高度的比值来表示。

7. 导光管采光系统 tubular daylighting system

一种将室外天然光采集，并经管道传输，用于室内天然光照明的采光系统，通常由集光器、导光管和漫射器组成。

8. 导光管采光系统效率 efficiency of the tubular daylighting system

导光管采光系统的漫射器输出光通量与集光器输入光通量之比。符号为 η。

9. 采光利用系数 daylight utilization factor

被照面接收到的光通量与天窗或集光器接收到来自天空的光通量之比。符号为 CU。

10. 光热比 light to solar gain ratio

材料的可见光透射比与太阳能总透射比的比值。符号为 r。

11. 透光折减系数 transmitting rebate factor

透射漫射光照度与漫射光照度之比，符号为 T_r。

（二）强制性条文的提出

新标准提出四条强制性条文，要求必须严格执行，见本节三（一）小节。

（三）原室内天然光临界照度值改为室内天然光设计照度值。

（四）将侧面采光的评价指标采光系数最低值改为采光系数平均值。

（五）增加了展览建筑、交通建筑和体育建筑的采光标准值，见本节三（二）小节。

（六）给出对应于采光系数平均值的计算方法，见本节四小节。

（七）新增“采光节能”内容

1. 建筑采光设计时，应根据地区光气候特点，采取有效措施，综合考虑充分利用天然光，节约能源。

2. 采光材料应符合下列要求：应综合考虑采光和热工的要求，按不同地区选择光热比合适的材料；导光管集光器材料的透射比不应低于 0.85，漫射器材料的透射比不应低于 0.8，导光管材料的反射比不应低于 0.95。

3. 采光装置应满足以下规定：采光窗的透光折减系数 T_r 应大于 0.45；导光管采光系统在漫射光条件下的系统效率应大于 0.5。

4. 采光设计时，应采取有效的节能措施：大跨度或大进深的建筑宜采用顶部采光或导光管系统采光；在地下空间，无外窗及有条件的场所，可采用导光管采光系统；侧面采光时，可加设反光板、棱镜玻璃或导光管系统，改善进深较大区域的采光。

5. 采用遮阳设施时，宜采用外遮阳或可调节的遮阳设施。

6. 采光与照明控制应符合下列规定：对于有天然采光的场所，宜采用与采光相关联的照明控制系统；控制系统应根据室外天然光照度变化调节人工照明，调节后的天然采光和人工照明的总照度不应低于各采光等级所规定的室内天然光照度值。

第三节 建筑照明

一、电光源的种类、特性与使用场所

（一）光源的种类（表 18-5）。

光源的种类 **表 18-5**

热辐射光源	气体放电光源	固体发光光源
白炽灯 卤钨灯	荧光灯、紧凑型荧光灯、荧光高压汞灯、金属卤化物灯、钠灯、氙灯、冷阴极荧光灯、高频无极感应灯等	发光二极管 （LED）

（二）光源的特性参数和使用场所

发光效能（率）：光源发出的光通量与光源功率之比，简称光效，单位：lm/W。

光源的常用参数见表 18-6。

常用照明光源的基本参数和使用场所 **表 18-6**

光源名称	功率（W）	光效（lm/W）	寿命（h）	色温（K）	显色指数（R_a）	使用场所
白炽灯	15～200	7～20	1000	2800	95～99	住宅、饭店、陈列室、应急照明
卤钨灯	5～1000	12～21	2000	2850	95～99	陈列室、商店、工厂、车站、大面积投光照明
荧光灯（三基色荧光粉）	3～125	32～90	3000～10000	2700～6500	50～93	工厂、办公室、医院、商店、美术馆、饭店、公共场所
荧光高压汞灯	50～1000	31～52	3500～12000	6000	40～50	广场、街道、工厂、码头、工地、车站等，限制使用
金属卤化物灯	70～1000	70～110	6000～20000	4500～7000	60～95	广场、机场、港口、码头、体育场、工厂
高压钠灯	50～1000	44～120	8000～24000	≥2000	20、40、60	广场、街道、码头、工厂、车站
低压钠灯	18～180	100～175	3000	—	—	街道、高速公路、胡同

对表 18-6 要记住白炽灯、荧光灯（低压汞灯）、金属卤化物灯和高压钠灯的光效、寿命、显色指数以及它们的主要使用场所。白炽灯用于要求瞬时启动和连续调光，对防止电磁干扰要求严格、开关频繁、照度要求不高、照明时间较短的场所以及对装饰有特殊要求的场所。

作为理论上光效最高的光源，LED 已经逐渐取代各种其他光源，在室内外各类建筑场所环境中被广泛应用。

二、灯具

灯具是光源、灯罩和相应附件为一体的总称。

（一）灯具的光特性

1. 灯具的配光曲线和空间等照度曲线

配光曲线是按光源发出的光通量为 1000lm，以极坐标的形式将灯具在各个方向上的发光强度绘制在平面图上，灯具的配光曲线，见图 18-13。在应用时，当光源发出的光通量不是 1000lm 时应乘以修正系数 $\Phi/1000$。

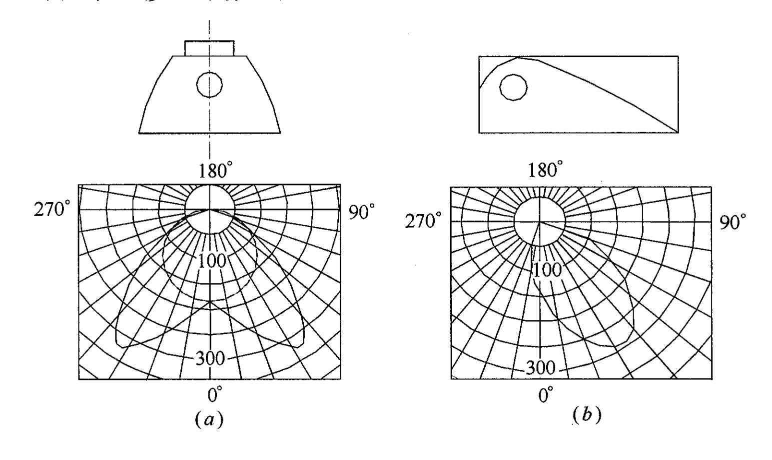


图 18-13　灯具的配光曲线

灯具的空间等照度曲线也是按灯具发出的光通量为 1000lm 绘制的，按灯到计算点的悬挂高度和灯到计算点的水平距离从图上查出相应的照度值，再乘以 $\Phi/1000$ 就得出计算点的照度值。

2. 灯具的遮光角（图 18-14）

遮光角的大小要满足限制眩光的要求。

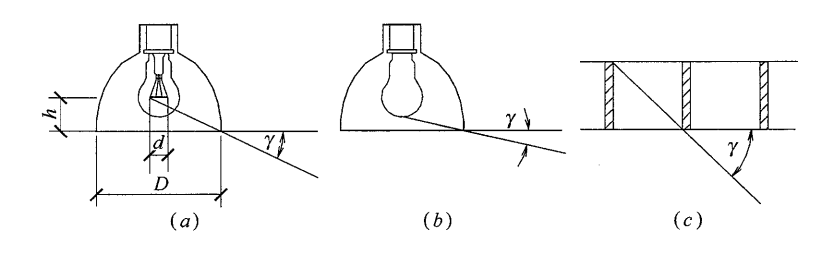


图 18-14　灯具的遮光角

(*a*) 普通灯泡；(*b*) 乳白灯泡；(*c*) 挡光格片

3. 灯具效率

$$\eta=\frac{\Phi}{\Phi_{\alpha}} \tag{18-28}$$

式中 η——灯具效率,%;

Φ——灯具发出的光通量，lm;

Φ_{α}——光源发出的光通量，lm。

对于某些灯具也可用“灯具效能”的概念，即灯具发出的总光通量与其所输入的功率之比（lm/W）。

《建筑照明设计标准》GB 50034—2013（以下简称《照明标准》）中规定：在满足眩光限制和配光要求的条件下，应选用效率或效能高的灯具，并应符合下列规定（表 18-7～表 18-12）。

直管形荧光灯灯具的效率（%） **表 18-7**

灯具出光口形式	开敞式	保护罩（玻璃或塑料）		格　栅
		透明	棱镜	
灯具效率	75	70	55	65

紧凑型荧光灯筒灯灯具的效率（%） **表 18-8**

灯具出光口形式	开敞式	保护罩	格栅
灯具效率	55	50	45

小功率金属卤化物灯筒灯灯具的效率（%） **表 18-9**

灯具出光口形式	开敞式	保护罩	格栅
灯具效率	60	55	50

高强度气体放电灯灯具的效率（%） **表 18-10**

灯具出光口形式	开敞式	格栅或透光罩
灯具效率	75	60

发光二极管筒灯灯具的效能（lm/W） **表 18-11**

色　温	2700K		3000K		4000K	
灯具出光口形式	格栅	保护罩	格栅	保护罩	格栅	保护罩
灯具效能	55	60	60	65	65	70

发光二极管平面灯灯具的效能（lm/W） **表 18-12**

色　温	2700K		3000K		4000K	
灯盘出光口形式	反射式	直射式	反射式	直射式	反射式	直射式
灯盘效能	60	65	65	70	70	75

例 18-3 （2014） 关于灯具光特性的说法，正确的是：

A 配光曲线上各点表示为光通量

B 灯具亮度越大，要求遮光角越小

C 截光角越大，眩光越大

D 灯具效率是大于 1 的数值

提示： A 选项中，配光曲线中各点值是发光强度。B 选项中，遮光角是指灯具出光口平面与刚好看不见发光体的视线之间的夹角；为避免眩光，亮度越大，遮光角应该也越大，如表 18-14 所示。C 选项中，截光角是指光源发光体最外沿的一点和灯具出光口边沿的连线与通过光源光中心的垂线之间的夹角；他与遮光角互为余角，截光角越大，遮光角越小，形成眩光的可能性越大。D 选项中，灯具效率是指在规定的使用条件下，灯具发出的总光通量与灯具内所有光源发出的总光通量之比（也称灯具光输出比），所以必然是小于 1 的数值。

答案： C

（二）灯具分类

灯具可分为装饰灯具（如花灯等）和功能灯具（如投光灯具等）两大类。当然，装饰灯具也要考虑功能，功能灯具也要考虑装饰性。

国际照明委员会按光通在空间上、下半球的分布把灯具划分为五类：

（1）直接型灯具。上半球的光通占 0～10%，下半球的光通占 100%～90%。其光照特性是灯具效率高、室内表面的反射比对照度影响小、设备投资少、维护使用费少；缺点是顶棚暗，易眩光，光线方向性强，阴影浓重。

直接型灯具的光强分布见图 18-15。工厂常用的深罩型灯具属于窄配光，灯具悬挂较高；室外广场和道路的照明常选用宽配光灯具，投光范围比较广阔；蝠翼型配光（宽配光的一种）灯具引起的光幕反射最小（见本节三、（二）2.），常用于教室照明，使课桌表面上的照度比较均匀，还用于垂直面照度要求较高的室内场所如计算机房以及低而宽房间的一般照明。

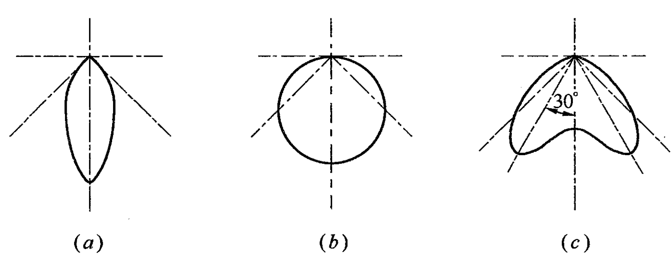


图 18-15 直接型灯具的光强分布

（a）窄配光；（b）中配光（余弦配光）；（c）宽配光（蝠翼配光）

（2）半直接型灯具。上半球的光通占 10%～40%，下半球的光通占 90%～60%，由于将部分光线射向顶棚，室内亮度分布较好，阴影稍淡。

（3）漫射型（均匀扩散型）、直接间接型灯具。上半球的光通占 40%～60%，下半球的光通占 60%～40%，室内亮度分布均匀，光线柔和。

（4）半间接型灯具。上半球的光通占 60%～90%，下半球的光通占 40%～10%。

（5）间接型灯具。上半球的光通占 90%～100%，下半球的光通占 10%～0%。室内光照特性和直接型灯具相反，室内亮度分布均匀，光线柔和，基本无阴影。常用作医院、餐厅和一些公共建筑的照明。但此种灯具光通利用率低，设备投资多，维护费用高。

要能分辨各种类型灯具的配光曲线。I_{max}在 0°～40°时是窄配光，I_{max}在 50°～90°时是宽配光，$I_{\alpha}=I_0\cos\alpha$ 时是余弦配光。

例 18-4 （2012） 下列关于灯具的说法，错误的是：

A　直接型灯具在房间内不易产生阴影

B　半直接型灯具降低了房间上下部间的亮度对比差别

C　半间接型灯具使房间的照度降低

D　间接型灯具的房间无眩光作用

提示： 直接型灯具发出的光线为方向性强的直射光，在房间内容易产生浓重的阴影。

答案： A

三、室内工作照明

（一）照明方式

1. 一般照明

用于对光的投射方向没有特殊要求，如候车（机、船）室；工作面上没有特别需要提高照度的工作点，如教室、办公室；工作地点很密或不固定的场所，如超级市场营业厅、仓库等，层高较低（4.5m 以下）的工业车间等。

2. 分区一般照明

用于同一房间照度水平不一样的一般照明，如车间的工作区、过道、半成品区；开敞式办公室的办公区和休息区等。

3. 局部照明

用于照度要求高和对光线方向性有特殊要求的作业；除宾馆客房外，局部照明不单独使用。

4. 混合照明

既设有一般照明，又设有满足工作点的高照度和光方向的要求所用的一般照明加局部照明，如阅览室、车库等。在高照度时，这种照明最经济。

5. 重点照明

为提高指定区域或目标的照度，使其比周围区域突出的照明。

照明方式如图 18-16 所示。

考试大纲要求的了解建筑内部视觉对光和色的控制就是按设计标准合理选用光源、灯具和照明方式，创造出照度和亮度分布合理、颜色满意的室内光环境，以满足视觉、功能及室内装饰的要求。

除常规照明方式外，还有疏散照明、安全照明、备用照明等应急照明。

（二）照明标准

1. 照明数量

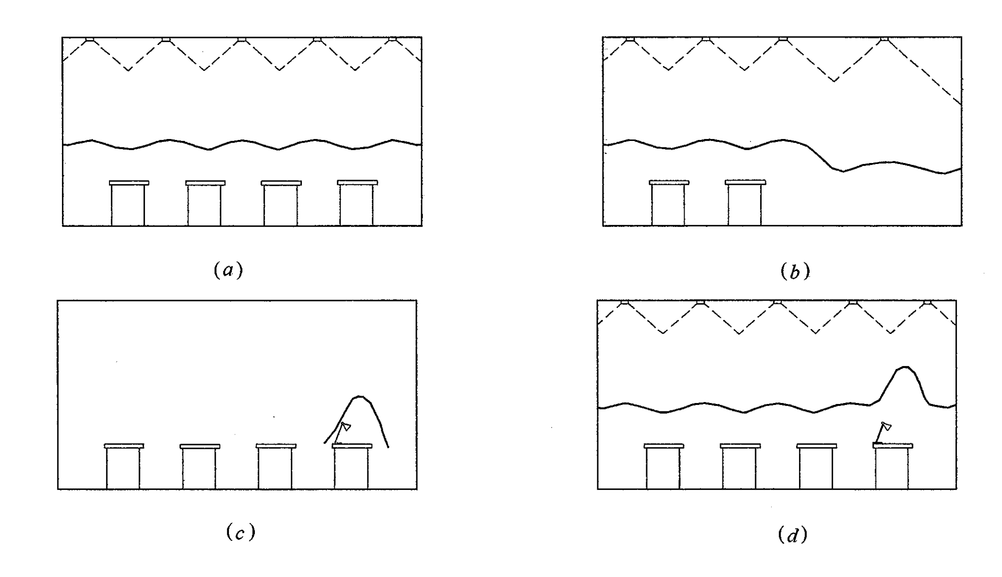


图 18-16 照明方式及照度分布

(a) 一般照明；(b) 分区一般照明；(c) 局部照明；(d) 混合照明

(1) 照度标准值是指工作或生活场所作业面或参考平面（又称工作面），如地面（走廊、厕所等）、0.75m 高的水平面（教室、办公室等）或指定表面上的维持平均照度值。在照明装置必须进行维护时，在规定表面上的平均照度可按条件（如亮度对比<0.3）提高一级或降低一级。

(2) 作业面邻近周围 0.5m 范围左右的照度比作业面照度低一个等级，作业面照度≤200lx 时，邻近周围照度与作业面照度相同。

(3) 室内外灯具每年至少擦洗 2 次，室内污染严重的场所每年至少擦洗 3 次。

(4)《照明标准》对居住建筑、办公建筑、商业建筑、旅馆建筑、医院建筑、学校建筑以及工业建筑规定了照明功率密度值，简称 LPD，是单位面积上照明安装功率（包括光源、镇流器或变压器），单位：W/m^2。LPD 分为现行值和目标值，参看《照明标准》表 6.3.1～表 6.3.13，其中对办公、商店、旅馆、医疗、教育、会展、交通、金融、工业建筑的照明要求是强制性的。

(5) 表 18-13 为主要建筑室内照明标准值和 LPD 值。

主要建筑室内照明标准值和 LPD 值　　表 18-13

场所（括号内数字为 LPD 现行值）	参考平面	照度 (lx)
体育馆无彩电转播时篮、排球比赛（一）	地面	750
图书馆老年阅览室（15）；高档办公室、设计室（15）；高档商店营业厅（16）、收款台面（一）；医院化验室（15）、药房（15）；学校美术教室（15）	作业面	500
图书馆一般阅览室（9）；普通办公室、会议室（9）；一般商店营业厅（10）；医院诊室、治疗室（9）；学校教室、阅览室、多媒体教室、实验室（9）	作业面	300
剧院观众厅（一）；旅馆中餐厅、大堂（9）；候诊室、挂号厅（6.5）	0.75m 水平面	200
电影院观众厅（一）；住宅起居室的一般活动区（每户 6）	0.75m 水平面	100
旅馆客房的一般活动区（客房 7）	0.75m 水平面	75

(6) 运动场地彩电转播时的照度标准分为国家比赛、国际比赛和重大国际比赛 3 个档次，见《照明标准》表 5.3.12-2。对于有比赛电视转播要求的场所，除水平照度及均匀度、眩光、显色指数等要求外，还增加了垂直照明标准，以确保对运动员比赛过程的清晰拍摄。

2. 照明质量

(1) 眩光限制

1) 直接型灯具的遮光角不应小于表 18-14（《照明标准》表 4.3.1）中的数值。

直接型灯具的遮光角 **表 18-14**

光源平均亮度（kcd/m²）	遮光角（°）	光源平均亮度（kcd/m²）	遮光角（°）
1～20	10	50～500	20
20～50	15	≥500	30

2) 公共建筑和工业建筑常用房间或场所的不舒适眩光采用统一眩光值（UGR）评价。UGR 与背景亮度、观察者方向每个灯具的亮度，每个灯具发光部分对观察者眼睛所形成的立体角以及每个单独灯具的位置指数有关，见《照明标准》附录 A。UGR 最大允许值为 19（临界值）的房间有阅览室、办公室、设计室、会议室、诊室、手术室、病房、教室、实验室、自助银行、绘画、展厅、雕塑展厅；UGR 最大允许值为 22（刚刚不舒适）的房间有营业厅、超市、观众厅、休息厅、餐厅、多功能厅、科技馆展厅、候诊室、候车（机、船）室、售票厅；UGR 最大允许值为 25（不舒适）的房间有大件、一般件仪表装配、锯木区、车库检修间。

3) 体育场馆的眩光值 GR 与由灯具发出的光直接射向眼睛所产生的光幕亮度和由环境引起直接入射到眼睛的光所产生的光幕亮度以及观察者眼睛上的照度有关，见《照明标准》附录 B。

4) 光幕反射：在视觉作业上规则反射与漫反射重叠出现，降低了作业与背景之间的亮度对比，致使部分或全部地看不清它的细节的现象。

减弱光幕反射的措施有：

①尽可能用无光纸和不闪光墨水使视觉作业和作业房间内的表面为无光泽的表面；

②提高照度以弥补亮度对比的损失；

③减少来自干扰区的光；

④尽量使光线从侧面来；

⑤采用合理的灯具配光。

5) 有视觉显示终端的工作场所，在与灯具中垂线成 65°～90°范围内的灯具，平均亮度限值应符合表 18-15 的规定。

灯具平均亮度限值（cd/m²） **表 18-15**

屏幕分类	灯具平均亮度限值	
	屏幕亮度>200cd/m²	屏幕亮度≤200cd/m²
亮背景暗字体或图像	3000	1500
暗背景亮字体或图像	1500	1000

6）教室照明的布灯方法，灯管垂直于黑板面可减少眩光。

（2）光源颜色

1）色温。照明光源的色表分组按表 18-16 选取。

2）显色性。照明光源的一般显色指数 R_a 按表 18-17 的规定选取。

3）设计时。选用光源的颜色应与室内表面的配色相互协调，不要违背色彩调和的原则（可参考《建筑设计资料集 1》中的第 6 部分）。

光源色表特征及适用场所　　表 18-16

色表特征	相关色温（K）	适　用　场　所
暖	<3300	客房、卧室、病房、酒吧
中间	3300～5300	商场、办公室、教室、阅览室、诊室、检验室、机加工车间、仪表装配、实验室、控制室
冷	>5300	热加工车间、高照度场所

光源显色指数分组与适用场所　　表 18-17

一般显色指数（R_a）	适　用　场　所　举　例
≥90	美术教室、手术室、重症监护室、博物馆建筑辨色要求高的场所
≥80	长期工作或停留的房间或场所如居住、图书馆、办公、商业、影剧院、旅馆、医院、学校、博物馆建筑
≥60	机加工、机修、动力站、造纸、精细件和一般件仓库、车库及灯具安装高度>6m 的工业建筑场所、自动扶梯
≥40	炼铁
≥20	大件库、站台、装卸台

注：运动场地无彩电转播时 $R_a \geq 65$，有彩电转播时 $R_a \geq 80$，高清晰度电视（HDTV）转播时 $R_a > 80$。

（3）照度均匀度

1）作业面背景区域一般照明的照度不宜低于作业面邻近周围照度的 1/3。

2）在有电视转播要求的体育场馆，其比赛时场地照明应符合下列规定：

①比赛场地水平照度最小值与最大值之比不应小于 0.5；

②比赛场地水平照度最小值与平均值之比不应小于 0.7；

③比赛场地主摄像机方向的垂直照度最小值与最大值之比不应小于 0.4；

④比赛场地主摄像机方向的垂直照度最小值与平均值之比不应小于 0.6；

⑤比赛场地平均水平照度宜为平均垂直照度的 0.75～2.0；

⑥观众席前排的垂直照度值不宜小于场地垂直照度的 0.25。

3）在无电视转播要求的体育场馆，其比赛时场地的照度均匀度应符合下列规定：

①业余比赛时，场地水平照度最小值与最大值之比不应小于 0.4，最小值与平均值之比不应小于 0.6；

②专业比赛时，场地水平照度最小值与最大值之比不应小于 0.5，最小值与平均值之比不应小于 0.7。

（4）反射比（表 18-18）

长时间工作房间内表面反射比 **表 18-18**

表面名称	反射比	表面名称	反射比
顶 棚	0.6～0.9	地 面	0.1～0.5
墙 面	0.3～0.8	作业面	0.2～0.6

（三）照明设计标准中应特别注意以下几点

1. 光源的选择

（1）高度较低的房间，如办公室、教室、会议室及仪表、电子等生产车间宜采用细管径直管形三基色荧光灯；

（2）商店营业厅宜采用细管径直管形三基色荧光灯、紧凑型荧光灯或小功率陶瓷金属卤化物灯，重点照明宜采用小功率陶瓷金属卤化物灯、发光二极管灯；

（3）高度较高的工业厂房，应按照生产使用要求，采用金属卤化物灯或高压钠灯，亦可采用高频大功率细管径直管荧光灯；

（4）一般照明场所不宜采用荧光高压汞灯，不应采用自镇流荧光高压汞灯；

（5）一般情况下，室内外照明不应采用普通照明白炽灯；对电磁干扰要求严格且无其他替代光源时方可使用。

2. 灯具的选择

（1）在潮湿的场所，应采用相应防护等级的防水灯具或带防水灯头的开敞式灯具。

（2）在有腐蚀性气体或蒸汽的场所，宜采用防腐蚀密闭式灯具。若采用开敞式灯具，各部分应有防腐蚀或防水措施。

（3）在高温场所，宜采用散热性好、耐高温的灯具。

（4）在有尘埃的场所，应按防尘的相应防护等级选择适宜的灯具。

（5）在装有锻锤、大型桥式吊车等振动、摆动较大场所使用的灯具，应有防振和防脱落措施。

（6）在易受机械损伤、光源自行脱落可能造成人员伤害或财务损失的场所使用的灯具，应有防护措施。

（7）在有爆炸或火灾危险场所使用的灯具，应符合国家现行相关标准和规范的有关规定。

（8）在有洁净要求的场所，应采用不易积尘、易于擦拭的洁净灯具。

（9）在需防止紫外线照射的场所，应采用隔紫灯具或无紫外线光源。

（10）直接安装在可燃材料表面的灯具，应采用有 F 标志的灯具。

《住宅建筑规范》GB 50368—2005 中第 9.7.3 条规定，10 层及 10 层以上住宅建筑的楼梯间、电梯间及其前室应设置应急照明。

3. 应急照明的照度

（1）水平疏散通道疏散照明的照度值不宜低于 1lx；

（2）医院手术室安全照明应维持正常照明的 30％照度，其他场所安全照明的照度值不得低于该场所一般照明照度值的 10％，且不应低于 15lx；

（3）备用照明的照度值不宜低于该场所一般照明照度值的 10％，医院手术室、急诊抢救室、重症监护室应能维持正常照明。

4. 照明设计时对标准中以下几点应特别注意

(1) 图书馆书库、博物馆陈列室照明，特别是存放珍贵资料处，应采用隔紫灯具或无紫光源；博物馆中不同光敏感程度的展品的照明需满足年曝光量限值（lx·h/a）的要求；

(2) 住宅中卧室和餐厅的照明宜选用低色温光源；

(3) 体育场馆照明需依运动性质选择眩光影响小的布灯位置。

四、照明计算

（一）利用系数

$$U=\frac{\Phi_u}{N\cdot\Phi} \tag{18-29}$$

式中 U——利用系数，无量纲；

Φ_u——投射到工作面上的有用光通量，lm；

N——照明装置（灯具）数量；

Φ——一个照明装置（灯具）内光源发出的光通量，lm。

利用系数与灯具类型（直接型灯具下射光多）、灯具效率（开敞式灯具效率高）、房间尺寸（层高低，宽度小的房间好）及房间表面光反射比有关（光反射比越大越好）。

（二）照明计算（利用系数法）

$$\Phi=\frac{E_{av}\cdot A}{N\cdot U\cdot K}\quad(\text{lm}) \tag{18-30}$$

式中 Φ——一个照明设施（灯具）内光源发出的光通量，lm；

E_{av}——《照明标准》规定的照度标准值（参考平面上的平均照度值），lx；

A——工作面面积，m^2，$A=L\cdot W$，其中 L 为房间的长度，W 为房间的宽度；

N——照明装置（灯具）数量；

U——利用系数，无量纲，查选用的灯具光度数据表；

K——维护系数，查《照明标准》中的表 4.1.6，如白炽灯、荧光灯用于卧室、办公室、餐厅、阅览室、绘图室时 $K=0.8$。

上式又可写成：

$$E_{av}=\frac{N\cdot\Phi\cdot U\cdot K}{A}\quad(\text{lx}) \tag{18-31}$$

五、照明设计节能的一般原则和方法

据统计，我国照明用电占总发电量的 10%～12%，照明节电意义重大。人工照明节能的前提是不能降低照明标准和质量。降低照明标准会导致工作效率的下降，交通事故的上升。

照明节能的措施：

1. 选用高效长寿命光源（以 LED 光源为主）；

2. 选用高效灯具，对于气体放电灯还要选用配套的高质量电子镇流器或节能电感镇流器；

3. 选用配光合理的灯具；

4. 根据视觉作业要求，确定合理的照度标准值，并选用合适的照明方式，同时需满足照明功率密度的要求；

5. 室内顶棚、墙面、地面宜采用浅色装饰；

6. 工业企业的车间、宿舍和住宅等场所的照明用电均应单独计量；

7. 大面积使用普通镇流器的气体放电灯的场所，宜在灯具附近单独装设补偿电容器，使功率因数提高至 0.85 以上，并减少非线性电路元件——气体放电灯产生的高次谐波对电网的污染，改善电网波形；

8. 室内照明线路宜分细一些，多设开关，位置适当，便于分区开关灯；

9. 室外照明宜采用自动控制方式或智能照明控制方式等节电措施；

10. 近窗的灯具应单设开关，并采用自动控制方式或智能照明控制方式；

11. 设装饰性照明的场所，可将实际采用的装饰性灯具总功率的 50%计入照明功率密度值的计算；

12. 充分利用天然光，采用导光、反光引天然光入室，利用太阳能作为照明能源。

习　题

18-1　下列哪个颜色的波长为最短？（　　）

A　紫色　　B　黄色　　C　红色　　D　绿色

18-2　在明亮的环境中，人眼对下列哪种波长的光最敏感？（　　）

A　380nm　　B　507nm　　C　555nm　　D　780nm

18-3　下列光度量单位中，哪个不是亮度单位？（　　）

A　cd/m^2　　B　asb　　C　sb　　D　lm

18-4　离光源 3m 处的发光强度是 100cd，在同一方向，离光源 6m 处的发光强度是（　　）。

A　25cd　　B　50cd　　C　100cd　　D　200cd

18-5　将一个灯由桌面竖直向上移动，在移动过程中，不发生变化的量是（　　）。

A　灯的光通量　　B　桌面上的发光强度

C　桌面的水平照度　　D　桌子表面亮度

18-6　一个点光源直接入射到被照面所形成的照度，与光源距被照面的距离的几次方成反比？（　　）

A　一次方　　B　二次方　　C　三次方　　D　四次方

18-7　下列哪种白色饰面材料的光反射比为最大？（　　）

A　大理石　　B　石膏　　C　调和漆　　D　马赛克

18-8　3mm 普通玻璃的透射比约为（　　）。

A　0.6　　B　0.7　　C　0.82　　D　0.9

18-9　下面的材料中，哪些是漫反射（均匀扩散反射）材料？（　　）

A　粉刷　　B　油漆表面　　C　玻璃镜　　D　粗糙金属表面

18-10　下面的材料中，哪些是漫透射（均匀扩散透射）材料？（　　）

A　毛玻璃　　B　乳白玻璃　　C　压花玻璃　　D　平玻璃

18-11　漫射（均匀扩散）材料的最大发光强度与材料表面法线所形成的角度为（　　）。

A　0°　　B　30°　　C　60°　　D　90°

18-12　当光投射到漫反射表面的照度相同时，下列哪个反射比的亮度最高？（　　）

A　70　　B　60　　C　50　　D　40

18-13　下列哪项指标不属于孟塞尔颜色体系的三属性指标？（　　）

A　色调　　B　明度　　C　亮度　　D　彩度

18-14　5R6/10 所表示的颜色是（　　）。

A 彩度为5、明度为6的红色　　B 彩度为6、明度为10的红色

C 彩度为5、明度为10的红色　　D 明度为6、彩度为10的红色

18-15 下列哪种光源的色表用色温来表征？（ ）

A 金属卤化物灯　B 高压钠灯　C 白炽灯　D 荧光灯

18-16 下列哪种光源的色表用相关色温来表征？（ ）

A 卤钨灯　B 溴钨灯　C 白炽灯　D 荧光灯

18-17 全云天空天顶亮度为地平线附近天空亮度的几倍？（ ）

A 1倍　B 2倍　C 3倍　D 4倍

18-18 北京所在的光气候区是（ ）。

A Ⅴ区　B Ⅲ区　C Ⅱ区　D Ⅰ区

18-19 16500lx是我国下列哪类光气候区的室外天然光设计照度？（ ）

A Ⅰ类　B Ⅱ类　C Ⅲ类　D Ⅳ类

18-20 在重庆修建一栋机加工车间，其窗口面积要比北京（ ）。

A 增加120%　B 增加20%　C 相等　D 减少20%

18-21 北京某工厂精密机电产品加工车间侧面采光工作面上天然光照度为600lx，其采光系数是（ ）。

A 5%　B 4%　C 2%　D 1%

18-22 在宽而浅的房间中，采用下列哪种侧窗的采光均匀性好？（ ）

A 正方形窗　B 横向带窗　C 竖长方形窗　D 圆形窗

18-23 在下列的天窗采光中，在采光系数相同的条件下，哪种天窗的开窗面积最小？（ ）

A 矩形天窗　B 锯齿形天窗　C 横向天窗　D 平天窗

18-24 下列天窗在采光系数相同条件下，天窗的开窗面积从低到高的排序，以下哪项正确？（ ）

A 矩形天窗、平天窗、梯形天窗、锯齿形天窗

B 梯形天窗、锯齿形天窗、平天窗、矩形天窗

C 平天窗、锯齿形天窗、矩形天窗、梯形天窗

D 平天窗、梯形天窗、锯齿形天窗、矩形天窗

18-25 在采光系数相同的情况下，下列哪项是不正确的？（ ）

A 锯齿形天窗比矩形天窗的采光量提高50%

B 梯形天窗比矩形天窗的采光量提高60%

C 平天窗比矩形天窗的采光量提高200%～300%

D 横向天窗与矩形天窗的采光量几乎相同

18-26 关于矩形天窗采光特性的描述，下列哪项是错误的？（ ）

A 天窗位置高度增高，其照度平均值降低

B 天窗宽度增大，其照度均匀度变好

C 相邻天窗轴线间距减小，其照度均匀度变差

D 窗地比增大，其采光系数增大

18-27 医院病房的侧面采光系数标准值为（ ）。

A 0.5%　B 1.0%　C 2.0%　D 3.0%

18-28 在侧面采光情况下，下列哪种房间的采光系数为4%？（ ）

A 办公室　B 会议室　C 设计室　D 普通教室

18-29 在北京设计教室采光时，其最小开窗面积应是教室地板面积的（ ）。

A 1/3　B 1/4　C 1/7　D 1/10

18-30 下列哪种减少窗眩光措施是不正确的？（ ）

A 工作人员的视觉背景不宜为窗口　　B 采用室内外遮挡设施

C 采用高光泽度的表面装饰材料　　D 减少作业区直射阳光

18-31 展览馆布置展品时，为了避免直接眩光，观看位置到窗口连线与到展品边缘连线的夹角应(　　)。

A 大于14°　　B 大于20°　　C 大于40°　　D 大于60°

18-32 博物馆采光设计不宜采取下列哪种措施？(　　)

A 限制天然光照度　　B 消除紫外线辐射

C 防止产生反射眩光和映像　　D 采用改变天然光光色的采光材料

18-33 在采光计算中，采光系数与下列中哪项因素无关？(　　)

A 房间进深　　B 建筑物长度

C 窗口透光材料　　D 窗口外建筑物的距离和高度

18-34 下列哪种光源的光效最高？(　　)

A 白炽灯　　B 荧光灯　　C 卤钨灯　　D 白光发光二极管

18-35 一个直接型灯具，光源的平均亮度≥500kcd/m²，其遮光角不应小于(　　)。

A 10°　　B 15°　　C 20°　　D 30°

18-36 国家标准规定的直管荧光灯格栅灯具的灯具效率不应低于(　　)。

A 55%　　B 60%　　C 65%　　D 70%

18-37 在《建筑照明设计标准》中规定的照度是指参考平面上的哪种照度？(　　)

A 房间各点的最小照度值　　B 房间各点的维持平均照度值

C 房间各点的最大照度值　　D 房间最差区域各点的维持平均照度值

18-38 《建筑照明设计标准》中规定的居住建筑每户的照明功率密度的现行值为(　　)W/m²。

A 6　　B 7　　C 8　　D 9

18-39 标准规定的普通办公室的照明功率密度的现行值是(　　)W/m²。

A 14　　B 13　　C 12　　D 9

18-40 对辨色要求高的美术教室，要求照明光源的一般显色指数 R_a 不宜小于(　　)。

A 20　　B 40　　C 60　　D 90

18-41 下列哪种措施会造成更强烈的室内照明直接眩光？(　　)

A 采用遮光角大的灯具　　B 提高灯具反射面的反射比

C 采用低亮度的光源　　D 提高灯具的悬挂高度

18-42 有视觉显示终端的工作场所应限制灯具中垂线以上哪个角度范围的亮度？(　　)

A ≥45°　　B ≥55°　　C ≥65°　　D ≥75°

18-43 下列哪个参数与统一眩光值(UGR)的计算式无关？(　　)

A 观察者方向每个灯具中光源的发光强度

B 背景亮度

C 观察者方向每个灯具的亮度

D 每个灯具的位置指数

18-44 下列哪个参数与眩光值(GR)的计算式无关？(　　)

A 由灯具发出的直接射向眼睛所产生的光幕亮度

B 由环境所引起直接入射到眼睛的光所产生的光幕亮度

C 所采用的灯具效率

D 观察者眼睛上的照度

18-45 为了减轻光幕反射，宜采用以下何种配光曲线的灯具？(　　)

A 具有余弦配光曲线的灯具　　B 具有蝠翼配光曲线的灯具

C　具有均匀配光曲线的灯具　　D　具有窄配光曲线的灯具

18-46　在住宅建筑中，卧室常选用暖色调，下面的色温中，哪种属于暖色调？（　　）

A　≤3300K　　B　4000K　　C　5000K　　D　6000K

18-47　在下列哪种房间宜采用中间色温的荧光灯？（　　）

A　卧室　　B　宾馆客房　　C　起居室　　D　办公室

18-48　房间或场所内的通道和其他非作业区域的一般照明的照度值不宜低于作业区域一般照明照度值的（　　）。

A　1/2　　B　1/3　　C　1/5　　D　1/10

18-49　根据视觉实验和实际经验，室内环境在与视觉作业相邻近的地方，其亮度应低于视觉作业亮度，但最好不要低于作业亮度的（　　）。

A　1/10　　B　1/5　　C　1/3　　D　1/2

18-50　疏散照明的地面水平照度不应低于（　　）。

A　0.5lx　　B　1.0lx　　C　1.5lx　　D　2.0lx

18-51　高度较低的办公房间宜采用下列哪种光源？（　　）

A　粗管径直管型荧光灯　　B　细管径直管型荧光灯

C　紧凑型荧光灯　　D　小功率金属卤化物灯

18-52　下列哪种类型的直管形36W荧光灯管必须采用电子镇流器？（　　）

A　T12灯管　　B　T10灯管　　C　T8灯管　　D　T5灯管

18-53　博物馆珍品陈列室照明宜采用的光源是（　　）。

A　白炽灯　　B　普通管形荧光灯

C　金属卤化物灯　　D　无紫外线管形荧光灯

18-54　采用利用系数法公式计算照度与下列哪个参数无直接关系？（　　）

A　光源的光通量　　B　灯具效率　　C　工作面面积　　D　灯具的数量

参 考 答 案

18-1	A	18-2	C	18-3	D	18-4	C	18-5	A	18-6	B
18-7	B	18-8	C	18-9	A	18-10	B	18-11	A	18-12	A
18-13	C	18-14	D	18-15	C	18-16	D	18-17	C	18-18	B
18-19	B	18-20	B	18-21	B	18-22	B	18-23	D	18-24	D
18-25	A	18-26	C	18-27	C	18-28	C	18-29	B	18-30	C
18-31	A	18-32	D	18-33	B	18-34	D	18-35	D	18-36	C
18-37	B	18-38	A	18-39	D	18-40	D	18-41	B	18-42	C
18-43	A	18-44	C	18-45	B	18-46	A	18-47	D	18-48	B
18-49	C	18-50	B	18-51	B	18-52	D	18-53	D	18-54	C

第十九章　建　筑　声　学

建筑声学主要研究静音设计和室内音质设计。静音设计即建筑环境噪声控制，其目的是使人们在建筑环境中免受噪声的干扰和危害；室内音质设计是在室内空间创造良好的听音环境。为达到上述目的需要研究声音传播的基本规律以及建筑材料、构件和建筑空间的声学特性。

第一节　建筑声学基本知识

一、声音的基本性质

（一）声音的产生与传播

声音来源于振动的物体，振动的传播即为声波，辐射声音的振动物体称为声源。声波要在弹性介质中才能传播。

在波的传播过程中，介质质点的振动方向与波传播的方向相平行，称为纵波；声波是纵波。介质质点的振动方向与波传播的方向相垂直，称为横波；水波是横波。

（二）声波的频率、波长与声速

1. 频率：声波的频率等于发出该波的声源的频率。该频率等于单位时间内声源完成全振动的次数，也即一秒钟内振动的次数。符号：f，单位：Hz。人耳能听到的声波的频率范围在 20～20000Hz。500～1000Hz 为中频，大于 1000Hz 为高频，小于 500Hz 为低频。

2. 周期：声源完成一次振动所经历的时间。符号：T，单位：s。

3. 波长：声波在传播途径上，两个相邻同相位质点间的距离。符号：λ，单位：m。声音的频率越高，波长越短；频率越低，波长越长。

4. 声速：声波在弹性介质中传播的速度。符号：c，单位：m/s，介质的密度愈大，声音传播的速度愈快；真空中的声速为 0。在 15℃时（或称常温下），空气中的声速 $c=$ 340m/s。

$$c=\lambda\cdot f\qquad c=\frac{\lambda}{T}(\text{m/s})\tag{19-1}$$

（三）频带：将可听频率范围的声音分段分割成一个一个的频率段，以中心频率作为某频段的名称，分为：

1. 倍频带（或称倍频程）：按 2 的倍数关系分割频率范围所得的频率段。即上一个倍频带的中心频率是下一个倍频带中心频率的 2 的整数倍，$f_2/f_1=2^n$，n 为正整数或分数，f_1、f_2 为倍频带的中心频率。1 倍频带（或倍频程）的中心频率为：16，31.5，63，125，250，500，1000，2000，4000，8000，16000（Hz）共 11 个。倍频带在音调上相当于一个八度音。最常用的倍频带或倍频程为 125，250，500，1000，2000，4000（Hz）六

个频段。

2. 1/3 倍频带：$f_2/f_1 = 2^{\frac{K}{3}}$，$K$ 为 0，1，2，3……。

（四）声波的绕射、反射、散射和折射

1. 声绕射：声波通过障板上的孔洞时，能绕到障板的背后改变原来的传播方向继续传播，这种现象称为绕射；声波在传播过程中，如果遇到比其波长小得多的坚实障板时也会发生绕射，遇到比波长大的障壁或构件时，在其背后会出现声影，声音绕过障壁边缘进入声影区的现象也叫绕射。低频声较高频声更容易绕射。

2. 声反射：声波在传播过程中，遇到一块其尺度比波长大得多的障板时会发生反射，它遵循反射定律（入射角等于反射角）。凹面使声波聚集，产生声聚焦；凸面使声波发散，产生声扩散。

3. 声散射：声波在传播过程中遇到障碍物的起伏尺寸与波长大小接近或更小时，会发生声散射（有时也叫扩散）。

4. 声折射：声波在传播过程中由于介质温度、密度等的改变引起声速和传播方向的改变，这种现象叫声折射。

（五）声波的透射与吸收

声波入射到构件上，一部分被吸收，一部分被反射，一部分透射。

1. 透射系数：$\tau = \dfrac{E_\tau}{E_0}$，$\tau$ 小为隔声材料 (19-2)

2. 反射系数：$\gamma = \dfrac{E_\gamma}{E_0}$，$\gamma$ 小为吸声材料 (19-3)

3. 吸声系数：

$$\alpha = 1 - \gamma = 1 - \frac{E_\gamma}{E_0} = \frac{E_\alpha + E_\tau}{E_0} \tag{19-4}$$

式中 E_0——总入射声能，J（焦耳）；

E_r——反射的声能，J（焦耳）；

E_τ——透射的声能，J（焦耳）；

E_α——吸收的声能，J（焦耳）。

朝向自由声场的洞口吸声系数为 1。在剧院中，舞台台口相当于一个大洞口，台口之后的天幕、侧幕、布景有吸声作用。根据实测，台口的吸声系数为 0.3～0.5。

二、声音的计量

（一）声功率、声强和声压

1. 声功率 W：声源在单位时间向外辐射的声能，符号：W，单位：W，μW。1μW=10^{-6}W。

2. 声强 I：在单位时间内，垂直于声波传播方向的单位面积所通过的声能。符号：I，单位：$\mathrm{W/m^2}$。

在自由声场，点声源形成一种球面波，点声源的声强随距离的平方呈反比，遵循平方反比定律：

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}(\mathrm{W/m^2}) \tag{19-5}$$

平面波声强不随距离改变。

3. 声压 p：某瞬时，介质中的压强相对于无声波时介质静压强的改变量。符号：p，

单位：N/m^2，Pa（帕）。$1N/m^2=1Pa$。

声压和声强的关系：

$$I = \frac{p^2}{\rho_0 c}(W/m^2) \tag{19-6}$$

式中 p——有效声压，N/m^2；

ρ_0——空气密度，kg/m^3，一般取 $1.225kg/m^3$；

c——空气中的声速，340m/s；

$\rho_0 c$——空气的特性阻抗，20℃时为 $415N \cdot s/m^3$。

4. 声能密度 D：单位体积内声能的强度。

$$D = \frac{I}{c}(J/m^2) \tag{19-7}$$

式中 D——声能密度，$W \cdot s/m^2$ 或 J/m^2；

c——空气中的声速，340m/s。

（二）声压级、声强级、声功率级及其叠加

1. 声压级

$$L_p = 20\lg\frac{p}{p_0}(dB) \tag{19-8}$$

式中 p_0——参考声压，$p_0=2\times10^{-5}N/m^2$，使人感到疼痛的上限声压为 $20N/m^2$。

从式（19-8）可知，声压每增加一倍，声压级就增加 6dB；声压增加 10 倍，声压级增加 20dB；声压增加 100 倍，声压级增加 40dB；声压增加 1000 倍，声压级增加 60dB。0dB 相当于人耳刚刚能听到的最弱声音的强度，人耳可忍受的最大声压级为 120dB。

2. 声强级

$$L_I = 10\lg\frac{I}{I_0}(dB) \tag{19-9}$$

式中 I_0——参考声强，$I_0=10^{-12}W/m^2$，使人感到疼痛感的上限声强为 $1W/m^2$。

3. 声功率级

$$L_W = 10\lg\frac{W}{W_0}(dB) \tag{19-10}$$

式中 W_0——参考声功率，$W_0=10^{-12}W$，即 1pW。

4. 声级的叠加

n 个声压级 L_{p1} 相同的声音叠加：

$$L_p = 20\lg\frac{p}{p_0} + 10\lg n = L_{p1} + 10\lg n(dB) \tag{19-11}$$

两个声压级相等的声音叠加时，总声压级比一个声压级增加 3dB，10lg2=3。

多个声压级（L_{p1}、L_{p2}、…、L_{pn}）叠加的总声压级为：

$$L_p = 10\lg(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + \cdots\cdots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}})(dB) \tag{19-12}$$

如果两个声音的声压级差超过 10dB，附加值不超过大的声压级 1dB，则两声压级叠加后的总声压级等于最大声音的声压级。

例 19-1 在靠近一家工厂的住宅区，测量得该厂 10 台同样的机器运转时的噪声声压级为 54dB，如果夜间允许最大噪声声压级为 50dB，问夜间只能有几台机器同时运转?

提示: 根据式（19-11），$54=L_{p1}+10\lg 10$，$L_{p1}=44$dB，

再代入式（19-11），$50=44+10\lg n$，解出 $n=3.98$，取 4。

答案: 夜间只能开 4 台机器。

（三）响度级、总声级

人耳听声音的响度大小不仅与声压级的大小有关，而且与声音的频率有关。频率相同时，声压级越大，声音越响；声压级相同时，人耳对高频声敏感，对低频声不敏感。

1. 响度级：如果某一声音与已定的 1000Hz 的纯音（即单一频率的声音）听起来一样响，这个 1000Hz 纯音的声压级就定义为待测声音的响度级，单位是方（Phon）。

人耳对 2000～4000Hz 的声音最敏感；1000Hz 以下，人耳的灵敏度随频率的降低而减少；4000Hz 以上，人耳的灵敏度随频率的增高也呈减小的趋势，纯音等响曲线表明人耳的这一特性。

2. 计权网络：多种频率构成的复合声的总响度级用计权网络测量，即用声级计的 ABCD 计权网络测量，记作 dB（A），dB（B），dB（C），dB（D）（图 19-1）。声压级每增加 10dB，人耳主观听闻的响度大约增加 1 倍。

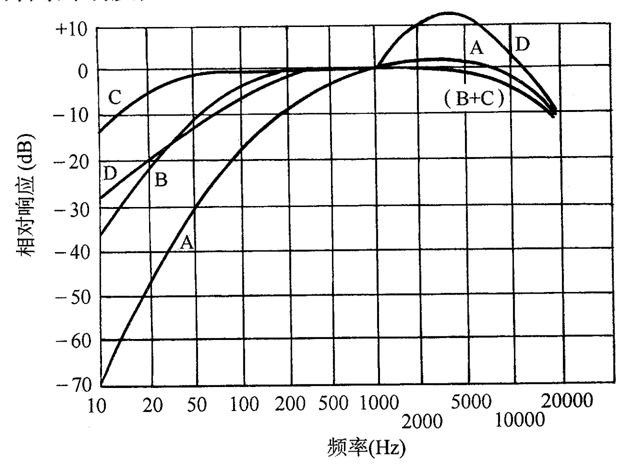


图 19-1　A、B、C、D 计权网络

人们常用 A 计权网络或叫 A 声级 dB（A）计量声音的响度大小。A 声级是考虑了人耳对高频敏感、对低频不敏感特性的总响度级，参考了 40Phon（方）的等响曲线，对 500Hz 以下的声音做了较大的衰减。

三、声音的频谱和声源的指向性

（一）声音的频谱

声音的频谱是以频率为横坐标，各个频率的声压级为纵坐标绘制的频谱图表示。纯音的频谱图是一根在其频率标度处的声压级值的竖线；由频率离散的若干个简谐分量复合而成的声音称为复音，其频谱图为每个简谐分量对应的一条竖线。机器设备激发出的噪声的

频谱图为连续谱，连续谱的噪声，其强度用倍频带声压级表示。

（二）声源的指向性

当声源的尺度比波长小很多时，可以看成无方向性的点声源，在距声源中心等距离处的声压级相等。声源的尺度比波长大得越多，声源越无法被看作点声源，声音传播的指向性越强。频率越高，指向性越强。

四、人的主观听觉特性

（一）哈斯（Hass）效应

听觉暂留：人耳的听觉暂留为 50ms，即 1/20s。如果直达声和反射声的时间差大于 50ms，或声程差大于 17m，可能听到回声（即声音听起来不连续）。

（二）掩蔽（Mask）效应

人耳对一个声音的听觉灵敏度因另外一个声音的存在而降低的现象叫掩蔽效应。掩蔽的特点是频率相近的声音掩蔽较显著，掩蔽声的声压级越大掩蔽效果越强，低频声对高频声掩蔽作用大。可以使用容易令人接受的声音掩蔽那些令人烦恼的声音。

（三）听觉定位（双耳听闻效应、方位感）

由声源发出的声波到达两耳，会产生时间差、强度差和相位差，人们据此判断声源的方位和远近，进行声像定位。人耳对声源方位的辨别在水平方向比垂直方向好。

五、声音的三要素

（一）声音的强弱

用声压级，声强级，响度级描述。

（二）音调的高低

取决于声音的频率，频率越高，音调越高。把频率提高一个倍频程，在音乐中就提高了“八度音”程。

（三）音色的好坏

主要取决于复合声的频率、成分及强度，即由频谱决定。乐器由其发出的复合声的基音以及泛音的数目、频率和强度不同，因而具有不同的音色。

第二节 室内声学原理

一、自由声场

自由声场是没有反射面、不存在反射声的声场。

（一）点声源随距离的衰减

在自由声场中，点声源空间某点的声压级计算公式为：

$$L_p = L_W - 10\lg\frac{1}{4\pi r^2}(\text{dB}) \tag{19-13}$$

式中 L_p——空间某点的声压级，dB；

L_W——声源的声功率级，dB；

r——测点和声源间的距离，m。

上式也可改写为：

$$L_p = L_W - 20\lg r - 11(\text{dB}) \tag{19-14}$$

从式（19-14）可以看出，观测点与点声源的距离增加一倍，声压级降低 6dB（20lg2≈6）；通过观测点的声压级 L_p和声源到观测点的距离 r 可以用上式计算声源的声功率。

例 19-2 （2014） 在开阔的混凝土平面上有一声源向空中发出球面声波，声波从声源传播 4m 后，声压级为 65dB，声波再传播 4m 后，声压级是：

A 65dB　　B 62dB　　C 59dB　　D 56dB

提示： 在自由声场中，点声源空间某点的声压级计算公式为：

$L_p=L_W-20\lg r-11$，从式中可以看出，点声源的传播距离增加一倍，声压级降低 6dB。65dB 衰减 6dB 为 59dB。

答案： C

（二）线声源随距离的衰减

无限长的线声源，在自由声场辐射的声波随距离衰减的规律是观测点与声源的距离每增加一倍，声压级降低 3dB。对于交通噪声，如高速公路上的车流噪声、列车噪声，如果观测点距声源较远，可以看成有限长线声源；观测点与声源的距离增加 1 倍，声压级降低约 4dB。

（三）面声源的声压级不随距离衰减

二、混响和混响时间计算公式

（一）混响时间的定义

当室内声场达到稳态，声源停止发声后，声音衰减 60dB（能量衰减到初始值的百万分之一）所经历的时间叫混响时间，符号：T_{60}，RT，单位：s。（在测量时，如果有困难，规范要求测试信号要高于背景噪声 35dB）。

（二）赛宾公式

$$T_{60}=\frac{0.161V}{A}(\mathrm{s})\qquad(\bar{\alpha}<0.2)\tag{19-15}$$

式中　V——房间容积，m^3；

A——室内总吸声量，m^2；

$$A=S\cdot\bar{\alpha}$$

S——室内总表面积，m^2；

$\bar{\alpha}$——室内平均吸声系数（是一个与频率有关的物理量）。

$$\bar{\alpha}=\frac{\alpha_1S_1+\alpha_2S_2+\cdots+\alpha_nS_n}{S_1+S_2+\cdots+S_n}\tag{19-16}$$

式中　α_1，$\alpha_2\cdots\alpha_n$——不同材料的吸声系数；

S_1，$S_2\cdots S_n$——室内不同材料的表面积，m^2。

（三）依林公式

$$T_{60}=\frac{0.161V}{-S\cdot\ln(1-\bar{\alpha})}(\mathrm{s})\tag{19-17}$$

（四）依林—努特生公式

$$T_{60}=\frac{0.161V}{-S\cdot\ln(1-\bar{\alpha})+4mV}(\mathrm{s})\tag{19-18}$$

式中　$4m$——空气吸收系数，空气中的水蒸气、灰尘的分子对波长较小，一般指 2000Hz 以

上的高频声音的吸收作用，查表 19-1，频率≤1000Hz 时，$4m=0$，此项为 0。

空气吸收系数 $4m$ 值（室内温度 20℃）　　表 19-1

频率（Hz）	2000	4000
空气相对湿度 50%	0.010	0.024
空气相对湿度 60%	0.009	0.022

例 19-3（2011） 室内混响时间与下列哪项因素无关？

A　室内总表面积　　B　室内体积

C　室内声压级　　D　声音频率

提示：由依林公式 19-17 可知，混响时间受房间容积、室内总表面积和室内平均吸声系数的直接影响，而吸声系数是与声音频率有关的物理量；故 A、B、D 均为混响时间的影响因素；选 C。

答案：C

三、室内声压级计算与混响半径

（一）室内声压级的计算

$$L_p = L_W + 10\lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2}+\frac{4}{R}\right)(\text{dB}) \quad (19\text{-}19)$$

或写为

$$L_p = 10\lg W + 10\lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2}+\frac{4}{R}\right)+120(\text{dB}) \quad (19\text{-}20)$$

式中　W——声源的声功率，W；

L_W——声源的声功率级，dB；

r——测点和声源间的距离，m；

R——房间常数，$R=\dfrac{S\cdot\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}}$（rn²）；

$\bar{\alpha}$——室内平均吸声系数；

S——室内总表面积，m^2；

Q——声源的指向性因数，见表 19-2。

声源的指向性因数　　表 19-2

位　　置	Q 值
声源在房间正中	1
声源在一面墙的中心	2
声源在两面墙交角的中心	4
声源在房间的一角	8

（二）混响半径

混响声能密度和直达声能密度相等的地方离开声源的距离。符号：r_0。

$$r_0 = 0.14\sqrt{Q\cdot R}(\text{m}) \quad (19\text{-}21)$$

式中的 Q、R 同式（19-20）。

在混响半径处，直达声能和混响声能密度相等，因此在大于混响半径的地方布置吸声

材料才能有效地吸声。

四、房间共振和共振频率

（一）驻波

当两列相同的波在同一直线上相向传播时，叠加产生的波即为驻波。相距为 L 的两平行墙产生驻波的条件是：

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2}(\mathrm{m}) \quad n = l,2,3\cdots\infty。 \tag{19-22}$$

（二）矩形房间的共振频率

$$f_{\mathrm{nx,ny,nz}} = \frac{c}{2}\sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2}(\mathrm{Hz}) \tag{19-23}$$

式中 L_x，L_y，L_z——房间的长，宽，高，m；

n_x，n_y，n_z——0～∞任意正整数（n_x，n_y，n_z不同时为 0）。

共振频率的重叠现象称为简并，简并会引起声音的失真，产生所谓的声染色现象。在三方尺寸相等或成整数比的房间最容易形成声染色。避免的方法是选择合适的房间尺寸、比例和形状，使房间的三个尺度不相等或不成整数倍，或用不规则表面做声扩散以及适当布置吸声材料。

第三节　材料和结构的声学特性

一、吸声材料和吸声结构

（一）多孔吸声材料

1. 构造特点

多孔材料具有内外连通的小孔，具有通气性；如玻璃棉，超细玻璃棉，岩棉，矿棉（散状、毡片），泡沫塑料，多孔吸声砖等。

海绵、加气混凝土、聚苯板内部气泡是单个闭合的，互不连通，其吸声系数比多孔吸声材料少得多，是很好的保温材料，但不是多孔吸声材料；拉毛水泥墙面表面粗糙不平，但没有空隙，吸声很差，不是吸声材料。其起伏不平的尺度和声波波长相比较小，不能起扩散反射的作用，所以它不是一种声学处理，只是一种饰面做法。

2. 吸声频率

主要吸收中频、高频，背后留有空气层的多孔吸声材料还能吸收低频。

3. 影响因素

(1) 空气流阻：材料两边静压差和空气流动速度之比称为单位面积流阻。

(2) 孔隙率：70％～80％。

上两项测量不便，通常测出材料的厚度，表观密度。超细玻璃棉表观密度为 20～25kg/m^3，矿棉 120kg/m^3。

(3) 厚度：厚度增加，中、低频范围吸声系数增加。一般超细玻璃棉厚 5～15cm，矿渣棉厚 5～10cm。

(4) 背后条件：后边留空气层与填充同样材料效果近似，使中低频（尤其是对低频）吸声系数增加。背后空气层厚度一般为 10～20cm。

（5）罩面材料

罩面材料应有良好的透气性，常用的罩面材料有：金属网、窗纱、纺织品、厚度<0.05mm 的塑料薄膜、穿孔率>20%的穿孔板。

（二）空腔共振吸声结构

1. 亥姆霍兹共振器

（1）构造特点

构造如图 19-2 中的（*a*）和（*b*）。

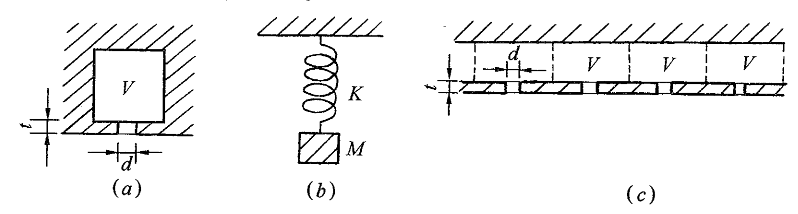


图 19-2　共振吸声结构及类比系统

（*a*）亥姆霍兹共振器；（*b*）机械类比系统；（*c*）穿孔板吸声结构

（2）吸声频率

存在一个吸声共振峰，即在共振频率附近吸声量最大。

共振频率的计算：

$$f_0 = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{s}{V(t+\delta)}}(\text{Hz}) \tag{19-24}$$

式中　c——声速，340m/s；

s——颈口面积，m^2；

V——空腔容积，m^3；

t——孔颈深度（板厚），m；

δ——开口末端修正量，m；直径为 d 的圆孔，$\delta=0.8d$。

2. 穿孔板

（1）构造特点

穿孔的胶合板、石棉水泥板、石膏板、硬质纤维板、金属板与结构之间形成一定的空腔，如图 19-2 中的（*c*），相当于许多并列的亥姆赫兹共振器。

（2）吸声频率

存在吸声共振频率，在共振频率附近吸收量最大，一般吸收中频。板后放多孔吸声材料能吸收中高频，且共振频率向低频转移。板后有大空腔（如吊顶）能增加低频吸收。

穿孔板共振频率：

$$f_0 = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{P}{L(t+\delta)}}(\text{Hz}) \quad (P \leqslant 0.15, L \leqslant 20\text{cm}) \tag{19-25}$$

式中　L——板后空气层厚度，m；

t——板厚，m；

P——穿孔率，一般为 4%～16%，

$P = \frac{\pi}{4}\left(\frac{d}{B}\right)^2$，圆孔矩形排列；

$P=\frac{\pi}{2\sqrt{3}}\left(\frac{d}{B}\right)^2$，圆孔等边三角形排列；

d——孔径，一般4～8mm；

B——孔距，$B>2d$。

大空腔穿孔板共振频率：

$$f_0=\frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{P}{L(t+\delta)+PL^2/3}}(\text{Hz})\quad(P>0.15, L>20\text{cm})\tag{19-26}$$

$P>0.20$时，穿孔板作为多孔吸声材料的罩面层而不属于空腔共振吸声结构。

3. 微孔板

一般用穿孔率1%～3%，孔径小于1mm的铝合金板制作。微孔板对低、中、高频有较高的吸声系数，而且耐高温、耐潮湿，用于游泳馆、矿井和高温环境。

（三）薄膜、薄板共振吸声结构

1. 薄膜

(1) 构造特点：皮革、人造革、塑料薄膜、帆布等，具有不透气、柔软、受张拉时有弹性等特性。这些薄膜材料可与其背后封闭的空气层形成共振系统。

(2) 吸声频率：主要吸收200～1000Hz，中频。

(3) 吸收系数：$\alpha=0.3\sim0.4$

(4) 共振频率：

$$f_0=\frac{600}{\sqrt{M_0L}}(\text{Hz})\tag{19-27}$$

式中 M_0——膜的平均单位面积质量，kg/m^2；

L——膜与弹性壁间空气层的厚度，cm。

2. 薄板

(1) 构造特点：胶合板、硬质纤维板、石膏板、石棉水泥板、金属板等钉在构件龙骨上形成空腔结构。

(2) 吸声频率：80～300Hz，低频。

(3) 吸收系数：$\alpha=0.2\sim0.5$。

(4) 共振频率：

$$f_0=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\rho_0c^2}{M_0L}+\frac{K}{M_0}}(\text{Hz})\tag{19-28}$$

式中 ρ_0——空气密度，kg/m^3；

c——空气中声速，m/s；

M_0——板的单位面积质量，kg/m^2；

L——膜与弹性壁间空气层厚度，m；

K——结构的刚度因素，$\text{kg/(m}^2\cdot\text{s}^2)$，一般为$1\times10^6\sim3\times10^6\text{kg/(m}^2\cdot\text{s}^2)$。

（四）其他吸声结构

1. 空间吸声体

空间吸声体上下、前后、左右都能吸收声音，所以它的吸声面积大于投影面积，吸声系数α可能大于1。空间吸声体常用单个吸声量表示。

2. 强吸声结构

吸声尖劈是消声室（无回声室）常用的强吸声结构。为了接近自由声场，$\alpha>0.99$。吸声尖劈的截止频率为：

$$f_0=0.2\times\frac{c}{l}(\text{Hz}) \tag{19-29}$$

式中 l——尖劈的尖部长度，m；即尖劈的长度越长，吸收的起始频率越低。

吸声尖劈常用 $\phi3.2\sim3.5$mm 钢筋做成楔形框架，底部 20cm×60cm×15cm，尖长 125cm，外包玻璃布，内装玻璃棉毡。

3. 帘幕

（1）吸声频率：中高频。

（2）吸声峰值频率

$$f=(2n-1)\times\frac{c}{4L}(\text{Hz})\quad n=1,2\cdots\infty \tag{19-30}$$

式中 L——帘幕离刚性壁的距离，m。

4. 洞口

（1）朝向自由声场的洞口（洞口外没有任何反射面），$\alpha=1$。

（2）不朝向自由声场，如过道、房间的洞口，$\alpha<1$；朝向舞台台口，$\alpha\approx0.3\sim0.5$。

5. 人和家具如座椅等

吸声量＝个体吸声量×人或家具的数量，或者：吸声量＝吸声系数×观众席面积。

二、隔声和构件的隔声特性

建筑中的声音可通过空气介质和固体介质传播。隔声涉及空气声隔声和固体声隔声两个方面。

（一）隔声量

$$R=10\lg\frac{1}{\tau}(\text{dB}) \tag{19-31}$$

式中 R——隔声量，dB；

τ——透射系数，见式（19-2），所以

$$\tau=10^{-\frac{R}{10}} \tag{19-32}$$

例 19-4（2014）在一房间的厚外墙上分别装以下四种窗，在房间外的声压级相同的条件下，透过的声能量最少的是：

A 隔声量 20dB、面积 $1m^2$ 的窗　　B 隔声量 20dB、面积 $2m^2$ 的窗

C 隔声量 23dB、面积 $3m^2$ 的窗　　D 隔声量 23dB、面积 $4m^2$ 的窗

提示：根据隔声量的计算公式（19-31），透过的能量减少 1 倍（为原来的 1/2），隔声量增加 3dB，23dB 的隔声量比 20dB 的隔声量在面积相同的情况下，能量透射量减少了 1 倍，透射的能量多少与面积成正比，面积越大透过的能量越多。综合这两个因素后选 A。

答案：A

（二）隔声频率特性和计权隔声量

国家标准《建筑隔声评价标准》GB/T 50121—2005 规定了根据构件隔声频率特性确定空气声隔声单值评价量：计权隔声量 R_w 和计权标准化声压级差 $D_{nT,w}$ 的方法和步骤，其做法是将构件的 100～3150Hz 十六个 1/3 倍频程隔声特性曲线绘制在坐标纸上和参考曲线比较，满足特定的要求后，以 500Hz 频率的隔声量作为该墙体的单值评价量（这是频率的计权隔声量）。

计权隔声量能很好地反映构件的隔声效果，使不同构件之间有一定的可比性。

（三）单层匀质密实墙的空气声的隔绝

1. 质量定律

$$R = 20\lg(fm) + k \tag{19-33}$$

式中 R——墙体的隔声量，dB；

m——墙体的面密度，kg/m^2；

f——入射声波的频率，Hz；

k——常数，当声波为无规入射时 $k=-48$。

从上式可以看出墙体的质量增大时，隔声量也随之加大，当墙体质量增加一倍，隔声量增加 6dB。24 砖墙，$m=480kg/m^2$，$R=52.6dB$（或 53dB）。同样，频率增加一倍，隔声量也增加 6dB。

例 19-5 （2014） 若 5mm 厚玻璃对 400Hz 声音的隔声量为 24dB，运用"质量定律"，从理论上估计 8mm 厚玻璃对 500Hz 声音的隔声量是：

A 26dB　　B 28dB　　C 30dB　　D 32dB

提示： 根据质量定律公式（19-33），频率由 400 增加到 500，500 是 400 的 1.25 倍，厚度由 5mm 增加到 8mm，8mm 是 5mm 的 1.6 倍；即频率增加到原来的 1.25 倍，质量增加到原来的 1.6 倍。设 5mm 厚 400Hz 的玻璃隔声量为 $R=20\lg(fm)+k=24dB$，则 8mm 厚 500Hz 的玻璃隔声量为：$R=20\lg(1.25f\times1.6m)+k=20\lg(2fm)+k=20\lg2+20\lg(fm)+k=6+24=30dB$。

答案： C

2. 吻合效应

吻合效应将使墙体隔声性能大幅度下降。它与材料密度、构件厚度、材料的弹性模量有关。通常用硬而厚的板或软而薄的板使吻合效应的频率控制在 100～2500Hz 之外。对于双层墙和双层窗，可用质量不等、厚度不等，或两层墙、窗不平行来减弱吻合效应的影响。

（四）双层墙的空气声隔绝

中间为空气间层，空气间层＞9cm 时，附加隔声量为 8～12dB；空气层起弹性减振作用；构筑时，要避免产生声桥；其共振频率为：

$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{L}}\sqrt{\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}}(\mathrm{Hz}) \tag{19-34}$$

式中　m_1、m_2——每层墙单位面积质量，kg/m^2；

L——空气间层厚度，cm；一般取 8～12cm，最少 5cm。

工程中一般控制 f_0<70.7Hz，以隔绝 100Hz 以上的噪声。

（五）轻型墙体隔声措施

1. 将多层密实板用多孔材料（如玻璃棉、岩棉、泡沫塑料等）分隔，做成夹层结构。

2. 使板材的吻合临界频率在 100～2500Hz 范围之外。

3. 轻型板材的墙做成分离式双层墙，空气间层>9cm，隔声量提高 8～12dB，空气间层填充松散材料，隔声量又能增加 2～8dB。双层墙两侧的墙板采用不同厚度，可使各自的吻合谷错开。

4. 板和龙骨间用弹性垫层。

5. 采用双层或多层薄板叠合。增加一层纸面石膏板，板隔声量提高 3～6dB。

例如用 75mm 轻钢龙骨，间距 600mm，每边双层石膏板，板与龙骨弹性连接，墙内填 50mm 厚超细玻璃棉毡，其重量相当于砖墙的 1/10（24 砖墙的质量为 530kg/m^2），其隔声量相当于 24 砖墙的隔声量（53dB）。

（六）门窗隔声

1. 隔声门

隔声量 30～45dB，常用弹性密封条、弹性压条装在门框或门下口，经常开启的门常做成声闸或用狭缝消声门。声闸的内表面作强吸声处理，内表面的吸声量越大，平面图中两门的中点连线与门的法线间的夹角越大，隔声量越大。

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118－2010（以下简称《隔声规范》）规定：户门的空气声隔声单值评价量与频谱修正量之和不应小于 25dB，《电影院建筑设计规范》JGJ 58—2008 规定：观众厅出入口宜设置声闸，观众厅隔声门的隔声量不应小于 35dB。

2. 隔声窗

一般用二、三层玻璃制作，两层玻璃间不平行。玻璃厚 3～19mm，最好各层玻璃厚度不同。玻璃与框，框与框间密封。窗内墙面布置吸声材料。

《隔声规范》规定：外窗的空气声隔声单值评价量与频谱修正量之和不应小于 30dB。

3. 组合墙的隔声

门窗是隔声的薄弱环节，组合墙的隔声设计通常采用“等透射量”原理，即使门、窗、墙的声透射量 $s \cdot \tau$（声透射量等于构件面积 s 乘以声透射系数 τ）大致相等，通常门的面积大致为墙面积的 1/5～1/10，墙的隔声量只要比门或窗高出 10dB 即可。

（七）振动的隔离

振动来源于转动设备的振动和撞击振动。

1. 振动危害

（1）损坏建筑物；

（2）影响仪表和设备的测试；

（3）使人感到厌烦；

（4）振动频率在可听范围内是噪声源。

2. 隔振原理

振动和机器叶轮不平衡而作用在楼板上的干扰力的频率为 f，机器与减振器所形成的

减振系统的自振频率为 f_0，f/f_0称为频率比 z。减振系统上的干扰力 F 与传递到楼板或基础上的力 F_1 之比为传递率（或称传递系数）T。传递率与频率系数比 f/f_0和阻尼比 r 有关。在 $f/f_0<\sqrt{2}$ 的范围，传递系数恒大于 1，系统对干扰力起放大作用；当 $f/f_0=1$ 时，系统与干扰力发生共振，传递系数趋于极大值；在 $f/f_0>\sqrt{2}$ 的范围，传递系数恒小于 1，是系统的减振作用区。因此，要提高减振效率，需提高（f/f_0）的数值，f 是设备的工作频率，一般不能改变，只能降低 f_0，通常将设备安装在质量块 M 上，质量块由减振器支承。

隔振原理是使振动尽可能远大于共振频率的$\sqrt{2}$倍，最好设计系统的固有频率低于振动频率的 5～10 倍以上。振动通过共振区时还需增大阻尼，防止短时激振。

3. 撞击声隔声评价及其指标

（1）撞击声的计量

用一个国际标准化组织 ISO 规定的标准打击器敲打被测楼板，在楼板下面的测量室测定房间内的平均声压级 L_{pl}，按下式得出规范化撞击声级 L_{pn}：

$$L_{pn}=L_{pl}-10\lg\frac{A_0}{A}(\mathrm{dB}) \tag{19-35}$$

式中 L_{pn}——规范化撞击声级，dB；

L_{pl}——在楼板下的房间测出的平均声压级，dB；

A_0——标准条件下的吸声量，规定为 $10m^2$；

A——接收室的吸声量，m^2。

测量按 100～3150Hz 十六个 1/3 倍频程做出楼板的规范化撞击声级频率特性。

（2）计权规范化撞击声级

根据国家标准《建筑隔声评价标准》GB/T 50121—2005，从 100～3150Hz 十六个隔声特性曲线绘制在坐标纸上和参考曲线比较，满足特定的要求后，以 500Hz 频率的隔声量作为该楼板的单值评价量。求得计权规范化撞击声压级 $L_{n,w}$（实验室测量）和计权标准化撞击声压级 $L'_{nT,w}$（现场测量）。

4. 撞击声的隔绝措施

（1）面层处理：在地面上铺地毯、橡胶板、地漆布，塑料地面、软木地面等，这种做法对降低中高频声的效果最显著。

（2）浮筑式楼板：木地板的龙骨下用片状、条状或块状的弹性垫层；焦渣、粉煤灰、膨胀珍珠岩等松散材料没弹性，不能作为弹性垫层；或者住宅用 2.5cm 厚、表观密度为 96～150kg/m² 的离心玻璃棉做垫层，上铺一层塑料布或 1mm 聚乙烯泡沫做防水层，再灌注 4cm 厚的混凝土形成浮筑式楼板；有楼板隔声要求的公共建筑中，用 5cm 厚、表观密度为 150～200kg/m² 的离心玻璃棉做垫层，上铺一层塑料布或 1mm 聚乙烯泡沫做防水层，再灌注 8～10cm 厚的混凝土形成浮筑楼板。

（3）弹性隔声吊顶：吊顶要用弹性连接，重量≥25kg/m²。吊顶内铺上玻璃棉等吸声材料有利于隔绝撞击声。

（4）房中房：在房间中再建一个房间，内部房间建在弹簧或其他减振设备上，房间之间形成空气层。空气声标准计权隔声量可以达到 70dB，撞击声标准计权隔声量可低

于 35dB。

(5) 柔性连接：在设备的接口处使用帆布或橡胶片做柔性连接。柔性连接不但要满足减振要求，还要具有抗压、密封、抗老化等相关特性。

5. 隔振器及隔振元件

(1) 金属弹簧隔振器：常用做隔振设备的减振支撑，有时用于浮筑式楼板中。优点是价格便宜，性能稳定，耐高低温，耐油，耐腐蚀，耐老化，寿命长。可预压，也可做成悬吊型使用；缺点是阻尼性能差，高频隔振效果差。在高频，弹簧逐渐呈刚性，弹性变差，隔振效果变差，被称为“高频失效”。

(2) 橡胶隔振器：将橡胶固化，剪切成型，可做成各式各样的橡胶隔振器。优点是在轴向、回转方向均有隔振性能，高频隔振效果好，安装方便，容易与金属牢固粘接，体积小，重量轻，价格低；缺点是在空气中易老化，特别是在阳光直射下会加速老化，一般寿命 5～10 年。

(3) 橡胶隔振垫：橡胶隔振垫是一块橡胶板，可大面积垫在振动设备与基础之间，具有持久的高弹性，良好的隔振、隔冲、隔声性能；缺点是容易受温度、油质、日光及化学试剂的腐蚀而老化，一般寿命 5～10 年。

(4) 玻璃棉板和岩棉板：对机器或建筑物基础都能起减振作用。最佳厚度为 10～15cm。其优点是防火，耐腐蚀，耐高低温；缺点是受潮后变形。

三、反射和反射体（定向反射和扩散反射）

当声波从一个介质传到另一个介质时，在两种介质的分界面上会发生反射。如果反射面（一般是平面）的尺度比声波波长大得多，则会发生定向反射。如果反射面是无规则随机起伏或有一定规则起伏，并且起伏的尺度和入射声波波长相等，就可以起到扩散反射的作用。扩散反射，即无论声波从哪个方向入射到界面上，反射声波均向各个方向反射。在古典剧院中墙面上起伏的雕像、柱饰、包箱，就起到了扩散作用。

近年来，学者按照数论算法，提出了“二次剩余扩散面”和 MLS 扩散体，这些扩散面可以在较宽的频率范围内进行有效的扩散反射。

反射体要求吸声系数小，厚重。顶棚反射面和悬挂的或可移动的反射体可以采用金属结构或木结构框架，外面罩以密实面层；对于面层较薄的结构，可在背面设置阻尼层；反射板也可采用有机玻璃。

第四节　室内音质设计

一、音质的主观评价与客观指标

（一）主观评价标准

1. 合适的响度

语言 60～70 方，音乐 50～85 方。

2. 较高的清晰度和明晰度：

$$音节清晰度=\frac{正确听到的音节数}{发出的全部音节数}\times 100\% \tag{19-36}$$

音节清晰度与听音感觉：

<65%，不满意；

65%～75%，勉强可以；

75%～85%，良好；

>85%，优良；

对音乐，要求能区别每种声源音色，能听清每个音符。

3. 足够的丰满度：

(1) 余音悠扬（活跃）：每座容积大，硬表面多，混响时间长。

(2) 坚实饱满（亲切）：直达声后 20～35ms 内有较强的反射声。

(3) 音色浑厚（温暖）：小于 250Hz 的低频音混响时间长。

4. 良好的空间感：

方向感，距离感，亲切感，围绕感。

5. 没有声缺陷和噪声干扰。

（二）客观指标

1. 声压级：声压级用响度级 dB（A）计量。

2. 混响时间

3. 反射声的时间与空间分布

直达声后 35～50ms 以内的反射声有加强直达声响度和提高清晰度的作用。

（三）声学实验常用声音信号

1. 白噪声：从 20～20000Hz 各个频率声能为常数的声音，接入带通滤波器，取得某频带的声音，作混响时间、墙体隔声、材料吸声系数测量的声音信号。

2. 脉冲声：用发令枪、爆竹、气球（压爆发声）、电火花发生器等发出的短促的声音信号，常用作混响时间测量的声源。

二、音质设计的方法与步骤

（一）大厅容积的确定

1. 保证厅内有足够的响度

讲演：2000～3000m^3；

话剧：6000m^3；

独唱、独奏：10000m^3；

大型交响乐：20000m^3。

2. 保证厅内有适当混响时间

每座容积：

音乐厅：8～10m^3/座；

歌舞剧院：4.5～7.5m^3/座；

戏曲、话剧：4.0～6.0m^3/座（引自《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T 50356—2005）；

多用途厅堂：3.5～5.0m^3/座（同上）；

电影院：6.0～8.0m^3/座（同上）。

（二）大厅体形设计的原则和方法

1. 保证直达声能够到达每个观众

（1）减少直达声传播距离（平面上，语言自然声≤30m，观众多时可以设置一层或多层楼座），观众席最好在声源的140°范围内。

（2）防止前面的观众对后面观众的遮挡。在小型讲演厅，可设讲台以提高声源；在较大的观众厅，地面应从前到后逐渐升高。地面升起应按视线要求设计，视线升高差 c 值应取12cm；一般前后座位对齐时，后排应比前排视线升高12cm；前后座位错开时，后排应比前排视线升高6cm。

2. 保证近次反射声（或叫前次反射声）均匀分布于观众席

（1）控制厅堂平剖面形状，调整顶棚反射面和侧墙反射面的倾角，侧墙和观众厅中轴线间的夹角不大于8°～10°，后墙设计成扩散的或间隔布置吸声材料。

（2）减少一次反射面至声源的距离，如控制观众厅层高和长度、设观众席矮墙等。

3. 防止产生回声和其他声学缺陷

（1）回声：观众席前部的观众最容易听到回声；来自后墙、后部顶棚的反射声最容易形成回声。消除回声的方法是：调整反射面的角度，控制反射面到声源的距离，对反射面做扩散处理或布置吸声材料。颤动回声容易发生在平行反射面之间，避免的方法是使反射面不平行或做扩散、吸声处理。

（2）声聚焦：凹曲面容易使反射声聚焦，避免的方法是控制曲面半径或做扩散、吸声处理。

（3）声影：楼座下最容易形成声影，避免的方法是按规范要求，控制楼座下开口高度和楼座眺台进深之间的比例，如音乐厅的比例为1∶1，剧场为1∶1.2。

4. 采用适当的扩散处理

扩散体的尺寸应与其扩散反射声波的波长相接近，太小则不能起扩散作用，比波长大得多，又会在扩散体，本身的表面上产生定向反射。一般设计成不同尺寸、不同形状的扩散体，组合使用以取得更宽频带的效果。声音的频率越低，声波的波长越大，要求扩散体的尺寸越大。为了使尺寸不致过大，许多演出建筑如剧场，扩散声频率的下限可定为200Hz。

5. 舞台反射板

舞台反射板在全频带都是反射性的，不要产生过度的低频吸收。材料一般选用1cm以上的厚木板或木夹板，并衬以阻尼材料；背后用型钢骨架。舞台反射板所围绕的空间应使反射声的延时在17～35ms，以利于台上演员的听闻。

（三）大厅的混响设计

1. 最佳混响时间及其频率特性的确定

最佳混响时间以500Hz为基准。其大小可参照《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T 50356—2005取值，也可按图19-3取值。

最佳混响时间依房间用途和容积而定。图19-3为各种用途的房间最佳混响时间曲线，音乐厅为1.7～2.1s，其他房间见表19-3，其频率特性见图19-4。

频率特性为：音乐用房间125，250Hz的混响时间是500Hz的1.2～1.3倍，高频和中频与500Hz一样。语言用房间各频率混响时间相同。文娱建筑频率特性见表19-4。

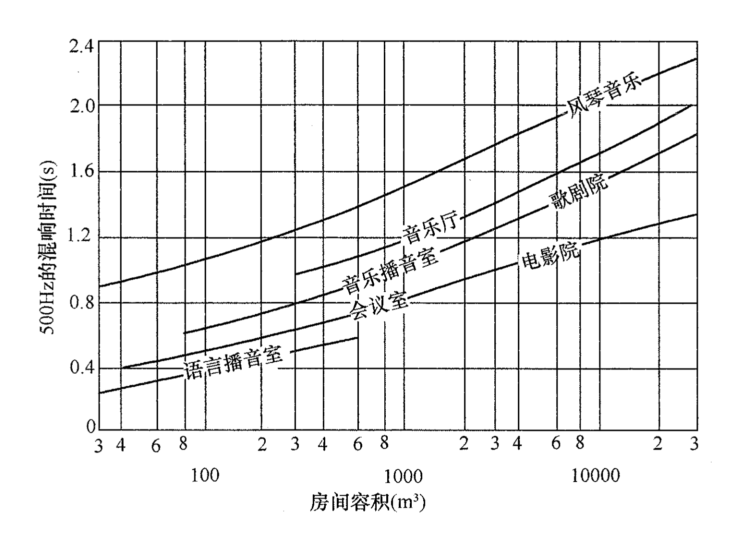


图 19-3 各种用途房间的最佳混响时间

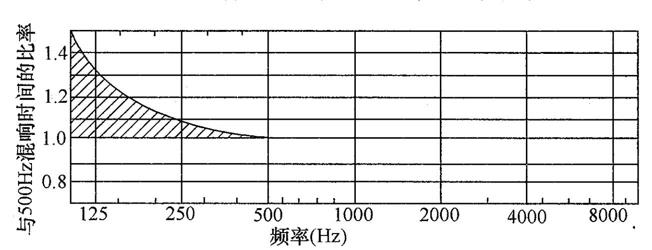


图 19-4 最佳混响时间的频率特性

文娱建筑观众厅频率为 500～1000Hz 满场混响时间范围　　　表 19-3

建筑类别	混响时间（s，中值）	适用容积	说　　明
歌剧、舞剧剧场	1.1～1.6	1500～15000	选自《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T 50356—2005
话剧、戏曲剧场	0.9～1.3	1000～10000	
会堂、报告厅、多用途礼堂	0.8～1.4	500～20000	
普通电影院	0.7～1.0	500～10000	
立体声电影院	0.5～0.8	500～10000	
歌舞厅	0.6～0.9（下限） 0.7～1.2（上限）		选自《歌舞厅扩声系统的声学特性指标与测量方法 WH 0301-93》

文娱建筑观众厅各频率混响时间相对于 500～1000Hz 的比值　　　表 19-4

建筑类别	125Hz	250Hz	2000Hz	4000Hz
歌剧	1.0～1.3	1.0～1.15	0.9～1.0	0.8～1.0
话剧、戏曲	1.0～1.2	1.0～1.1		
会堂、报告厅、多用途礼堂	1.0～1.3	1.0～1.15		
普通电影院、立体声电影院	1.0～1.2	1.0～1.1		
歌舞厅	1.0～1.4	1.0～1.2	0.8～1.0	0.7～1.0

2. 混响计算

(1) 根据设计的体形，求出厅的容积 V 和内表面积 S。

(2) 根据厅的使用要求，确定最佳混响时间及其频率特性的设计值。

(3) 按照依林—努特生混响时间公式求出大厅的平均吸声系数 $\bar{\alpha}$

(4) 计算大厅内总吸声量 A，扣除固定的吸声量如观众人数、家具、孔洞等，就是要增加的吸声量。

(5) 选择适当的吸声材料、面积或吸声构造。一般要反复计算，选择满意的方案。在建设过程中还需测定、调整，最后固定。计算频率一般为 125，250，500，1000，2000，4000 (Hz)。

3. 室内装修材料的选择与布置

对低频、中频、高频吸声材料和构造应搭配使用，以取得比较理想的频率特性。

混响计算所用的吸声系数，应采用混响室法测量的吸声系数。

观众厅、舞台口周围的墙面、顶棚应当主要布置反射材料；吸声系数较大的材料或构造，应尽量布置在侧墙上部、中部及后墙等有可能产生回声的部位。

4. 改造旧建筑时的混响设计

一般采用吸声处理，首先对后墙进行处理，然后对侧墙中后部进行处理。

三、室内电声设计

(一) 扩声与重放系统

电声系统要有足够的功率输出：语言用的声压级要达到 70～80dB；有较宽的频率响应。语言用 300～8000Hz，音乐用 40～10000Hz。在布置电声系统时要使各座位的声压级差≤6～8dB，扬声器和话筒布置不要出现反馈现象。

(二) 扬声器的布置形式

1. 集中式：如把声柱布置在舞台的上前方，声柱中心线指向观众席纵向长度的 2/3～3/4 处。要求不高的厅堂也可用普通扬声器。

2. 分散式：如分区布置或在座椅后布置扬声器。

3. 集中分散并用方式。

(三) 扩声控制室的设计

1. 面积不小于 12～15㎡。

2. 位置在观众席的后部或耳光室附近，通过观察窗能看到全部舞台和部分观众席。

3. 顶棚、墙面应做吸声处理，地面采用绝缘地板，并留有布线沟，室内应有空调。

四、各类建筑的声学设计

(一) 音乐厅

1. 每座容积 8～10m^3/座，尽量少用或不用吸声材料；混响时间 1.7～2.1s。

2. 充分利用近次反射声，顶棚除向观众席提供反射声，还需向演奏席提供反射声，为避免声影，楼座下眺台的出挑深度 D 宜小于或等于楼座下开口净高度 H。

3. 保证厅内有良好的扩散，在新式大厅中，需专门设计布置扩散体。

4. 噪声评价指数可选用 $N20$ 以下，选址应远离噪声较高的地区，做好内部隔声、通风系统消声和隔振处理。

(二) 剧院

1. 以自然声为主的话剧场、戏曲剧场不宜超过1000座，歌舞剧场不宜超过1400座，以扩声为主的剧场，座位数不受此限制。

2. 歌剧、舞剧场每座容积4.5～7.5m^3/座，话剧、戏曲剧场每座容积4.0～6.0m^3/座；歌剧、舞剧剧场混响时间为1.1～1.6s，话剧、戏曲剧场混响时间为0.9～1.3s。

3.《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T 50356—2005规定，以自然声演出为主的观众厅设有楼座时，眺台的出挑深度D宜小于楼座下开口净高度H的1.2倍；以扩声演出为主的观众厅，眺台出挑深度D可放宽至楼座开口净高度H的1.5倍。

4. 允许噪声级可采用$N20$或$N25$。

（三）电影院

1. 最佳混响时间：普通电影院0.7～1.0s，立体声电影院0.5～0.8s。从银幕后面扬声器发出的直达声，与任何反射面的第一次反射声达到观众席的时差都不应超过40ms，相当于直达声和反射声的声程差为13.6m。

2. 每座容积6.0～8.0m^3/座。

3. 观众厅地面要有坡度，单声道影院每排座位升起高度宜为6cm，立体声影院宜大于10cm。

4. 为使影视同步，较小影院观众厅的长度一般取18～25m；大型电影院观众厅长度不宜大于30m。观众厅不宜设置楼座，其长度与宽度的比例宜为（1.5±0.2）：1，以获得良好的听音条件。

5. 银幕背后空间的所有界面必须作表面为暗色的强吸声处理或加以分隔，以避免长延时反射。观众厅的后墙应采取防止回声的措施。

6. 避免音质缺陷和噪声的影响，放映室要做吸声、防火处理，放映孔、观察窗做双层且厚度不同的玻璃，窗框要很好密封。

7. 观众厅允许噪声级可采用$N25$或$N30$，立体声影院≤$N25$。

（四）演播室

1. 合适的房间尺寸和比例

$$V < 2000\text{m}^3 \quad V = 21n + 55(\text{m}^3)$$

$$V > 2000\text{m}^3 \quad n = 0.125V^{\frac{2}{3}} \cdot \lg V \tag{19-37}$$

式中 n——"等效人数"；一位合唱队员$n=1$，二胡、小提琴$n=2$，小号$n=3$，钢琴$n=12$。有很多乐器时，"等效人数"等于各单个乐器的总和。

小于3～4人的语言播音室，容积可为43～114m^3。

对于容积较小的矩形房间，为使在较低频率范围内不产生共振频率简并现象，可参考表19-5的房间尺寸比例，注意房间的长、宽、高不用简单整数比。

演播室（播音室）参考房间尺寸比例 **表19-5**

演播室规模	高	宽	长
小演播室	1	1.25	1.60
中型演播室	1	1.50	2.50
顶棚较低时	1	2.50	3.20
房间长度相对宽度过大时	1	1.25	5.20

2. 混响时间和频率特性

语言 0.3～0.4s；独唱、独奏 0.6s；通用房间 0.9s。

3. 扩散处理

采用扩散表面，均匀分布扩散表面和材料，墙面不平行等。

4. 噪声控制

噪声可取 $N20$～$N25$。

（五）多功能厅堂

1. 每座容积 3.5～5.0m^3/座，选择适中的混响时间，是折中的办法。

2. 观众厅设有楼座时，眺台的出挑深度 D 宜小于楼座下开口净高度 H 的 1.5 倍。

3. 采用混响时间可变的声学处理：帘幕、可变墙体。

4. 电声：声柱，人工混响器，混响室。

（六）体育馆

1. 控制混响时间

根据《体育馆声学设计及测量规程》JGJ/T 131—2012 的相关规定，体育馆的混响时间应根据比赛大厅的容积和用途确定（见以上《规程》第 2.2.1 条和 2.2.2 条规定）

2. 防止多重反射

体形用壳体时，把弧面的曲率半径加大，或在顶棚布置吸声材料、空间吸声体、空间扩散体以消除声聚焦。

3. 电声

用强指向性声柱，声源分区布置。

4. 允许噪声级

文艺演出时可取 $N35$，体育比赛时可取 $N45$。

（七）体育场（《体育场建筑声学技术规范》GB/T 50948—2013）

1. 在设计过程中，应采取措施控制体育场的声衰变时间（在体育场内，声源停止发声后，给定频带的声波声压级降低 60dB 所需的时间）。

（1）体育场空场时可开合屋面，全封闭时，声衰变时间不大于 6s；

（2）观众席上罩棚全封闭时，声衰变时间不宜大于 6s；

（3）观众席上无罩棚或罩棚面积小于观众席面积 1/3 的体育场，不需要声衰减时间的指标。

2. 体育场的观众席和比赛场地应具有良好的语言可懂度

（1）应采取措施控制背景噪声的干扰；

（2）应避免建筑面引起的回声干扰和减少过多声源的长时延声干扰；

（3）体育场的扩声系统语言传输指数（STIPA）不应小于 0.5，

3. 反射与吸声处理

（1）体育场围护墙体的内墙面宜做声学处理；

（2）主席台后面的墙面应做吸声处理；

（3）比赛场地周围的围护墙体宜做倾斜设置，或做吸声处理；

（4）比赛场地入口通道两侧墙宜设置为非平行面或做吸声处理；

（5）观众席各个出入门洞与外面相通的半封闭休息厅应做吸声处理；

(6) 观众疏散平台顶部宜做吸声处理；

(7) 看台座席宜选用有吸声功能的座椅。

4. 建筑声学材料的选用除符合声学性能的设计要求外，还应符合其他功能和标准的要求（如防火、有害物质限量等）。

5. 噪声控制

(1) 体育场选址时应对拟建的基地进行噪声测量；

(2) 基地上不应受到出现概率较大并且有规律性的强度较大的噪声干扰；

(3) 体育场内的噪声控制设计应从体育场总体设计开始；

(4) 应采取措施防止场外噪声对体育场内的干扰；

(5) 高噪声设施不宜设置在观众席附近；

(6) 对可开合屋面和罩棚结构，宜做减少雨致噪声的处理；

(7) 体育场内的背景噪声不宜超过50dB（A）。

（八）审判庭

1. 较高的语言可懂度

混响时间短，无回声干扰，要有高质量的扩声和录音设备。

2. 每座容积2.3～4.3m^3/人，尽量压缩室内容积，设计时严格控制体形，防止后墙反射或弧线形墙体引起的声聚焦。

3. 顶棚作反射和扩散处理，后墙与侧墙布置吸声材料，选择吸声量较大的沙发式座椅，座位以外的区域铺设地毯。

4. 抬高声源，地面起坡。

第五节 噪 声 控 制

接收者不需要的，感到厌烦的或对接收者有干扰、有害健康的声音都是噪声。

一、环境噪声的危害

噪声对听觉器官的损害：噪声大于90dB时能造成临时性听阈偏移，大于140～150dB时能造成耳急性外伤；最新的研究表明，噪声对视觉有损害；噪声能引起心血管系统等多种疾病；噪声对人的正常生活有影响：噪声＞45dB（A）影响人睡眠，＞55dB（A）引起人烦恼，＞75dB（A）时使人讨厌；噪声降低劳动生产率；噪声还能损坏建筑物。我国的城市噪声主要来源于交通噪声。

二、噪声评价

（一）A声级L_A（或L_{PA}）

由声级计上的A网络直接读出，单位是dB（A）。A声级反映了人耳对不同频率声音响度的计权，其计权特性见第一节之四。它适宜测量稳态噪声。

（二）等效连续A声级（简称“等效声级”）L_{eq}（或L_{Aeq}）

等效声级是用单值表示一个连续起伏的噪声。它是按在一段时间内能量平均的方法计算的，用积分声级计可以直接测量。L_{eq}适于测量声级随时间变化的噪声，它被广泛地应用于各种噪声环境的评价。其单位是dB（A）。

（三）昼夜等效声级L_{dn}

人们对夜间的噪声一般比较敏感，因此所有在夜间 8 小时（22：00～7：00）出现的噪声级均以比实际值高出 10dB 来处理，这样就得到一个对夜间有 10dB 补偿的昼夜等效声级 L_{dn}。

（四）累计分布声级 L_n

累计分布声级用声级出现的累积概率表示随时间起伏的随机噪声的大小，比如交通噪声可以用 L_{eq}，还可用累计分布声级。累计分布声级 L_n 表示测量的时间内有 $n\%$ 的时间噪声超过 L_n 声级。例如 $L_{10}=70$dB 表示测量时间内有 10%的时间声压级超过 70dB。通常在噪声评价中多用 L_{10}，L_{50}，L_{90}。L_{10} 表示起伏噪声的峰值，L_{50} 表示中值，L_{90} 表示背景噪声。其单位是 dB（A）。

（五）噪声冲击指数 NII

$$NII=\sum W_iP_i/\sum P_i \qquad (19\text{-}38)$$

式中 $\sum W_iP_i$——总计权人口数；

W_i——某干扰声级的计权因子；

P_i——某干扰声级环境中的人口数；

$\sum P_i$——区域总人口数。

理想的噪声环境 $NII<0.1$。

（六）噪声评价曲线 NR 和噪声评价数 N

噪声评价曲线（NR 曲线）是国际标准化组织 ISO 规定的一组评价曲线，见图 19-5。图中每一条曲线用一个 N（或 NR）值表示，确定了 31.5～8000Hz 9 个倍频带声压级值 L_p。在每一条曲线上中心频率为 1000Hz 的倍频带声压级等于噪声评价数 N。该曲线可用来制定标准或评价室内环境噪声。

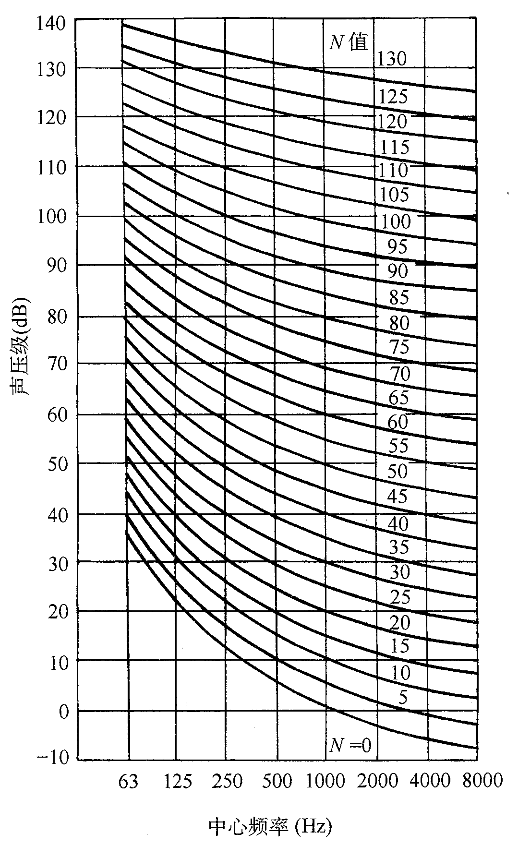


图 19-5 噪声评价曲线 NR

三、噪声的允许标准和法规

（一）城市区域环境噪声标准

《声环境质量标准》GB 3096—2008 规定的各类声功能区环境噪声限值见表 19-6。

各类声功能区环境噪声限值［L_{eq}dB（A）］ **表 19-6**

类别	适用区域	昼间（6：00～22：00）	夜间（22：00～6：00）
0	康复疗养区等特别需要安静的区域	50	40
1	居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域	55	45
2	商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域	60	50

续表

类别	适用区域	昼间 (6：00～22：00)	夜间 (22：00～6：00)
3	工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域	65	55
4a	高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域	70	55
4b	铁路干线两侧区域	70	60

注：1. 本表的数值和《工业企业厂界噪声排放标准》GB 12348—2008 相同。测量点选在工业企业厂界外 1.0m。高度 1.2m 以上。当厂界有围墙且周围有受影响的噪声敏感建筑物时，测点应选在厂界外 1m，高于围墙 0.5m 以上的位置。
2. 夜间偶发噪声的最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB（A）。

（二）民用建筑噪声允许标准

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118—2010 对住宅、学校、医院、旅馆、办公、商业建筑室内允许噪声级见表 19-7。

民用建筑室内允许噪声级 dB（A）　　表 19-7

建筑类别	房间名称	时间	高要求标准		低限标准
住宅	卧室	昼间 夜间	≤40 ≤30		≤45 ≤37
	起居室（厅）		≤40		≤45
学校	语言教室、阅览室		≤40		
	普通教室、实验室、计算机房；音乐教室、琴房；教师办公室、休息室、会议室		≤45		
	舞蹈教室；健身房；教学楼中封闭的走廊、楼梯间		≤50		
医院	听力测听室		—		≤25
	化验室、分析实验室；人工生殖中心净化区		—		≤40
	各类重症监护室；病房、医护人员休息室	昼间 夜间	≤40 ≤35		≤45 ≤40
	诊室；手术室、分娩室		≤40		≤45
	洁净手术室		—		≤50
	候诊厅、入口大厅		≤50		≤55
办公建筑	单人办公室；电视电话会议室		≤35		≤40
	多人办公室；普通会议室		≤40		≤45
商业建筑	员工休息室		≤40		≤45
	餐厅		≤45		≤55
	商场、商店、购物中心、会展中心		≤50		≤55
	走廊		≤50		≤60
旅馆			特级	一级	二级
	客房	昼间 夜间	≤35 ≤30	≤40 ≤35	≤45 ≤40
	办公室、会议室		≤40	≤45	≤45
	多用途厅		≤40	≤45	≤50
	餐厅、宴会厅		≤45	≤50	≤55

注：声学指标等级与旅馆建筑等级的对应关系：特级——五星级以上旅游饭店及同档次旅馆建筑；一级——三、四星级旅游饭店及同档次旅馆建筑；二级——其他档次的旅馆建筑。

允许噪声级测点应选在房间中央，与各反射面（如墙壁）的距离应大于 1.0m，测点高度 1.2～1.6m，室内允许噪声级采用 A 声级作为评价量，应为关窗状态下昼间（6：00～22：00）和夜间（22：00～6：00）时间段的标准值。

表 19-8 中列出了不同建筑的室内允许噪声值，这些数据是不同的学者提出的建议值，不是法定的标准，可做噪声控制评价和设计时的参考。

各种建筑室内允许噪声值　　表 19-8

房间名称	允许的噪声评价数 N	允许的 A 声级 dB（A）
广播录音室	10～20	20～30
音乐厅、剧院的观众厅	15～25	25～35
电视演播室	20～25	30～35
电影院观众厅	25～30	35～40
图书馆阅览室、个人办公室	30～35	40～45
会议室	30～40	40～50
体育馆	35～45	45～55
开敞式办公室	40～45	50～55

例 19-6（2011） 旅馆中同等级的各类房间如按允许噪声级别由大至小排列，下列哪组正确？

A　客房、会议室、办公室、餐厅　　B　客房、办公室、会议室、餐厅

C　餐厅、会议室、办公室、客房　　D　餐厅、办公室、会议室、客房

提示： 根据《民用建筑设计通则》GB 50352—2005 可知，旅馆中特级的各类房间允许噪声级为：餐厅≤50dB，办公室≤45dB、会议室≤40dB、客房≤35dB；按《民用建筑隔声设计规范》GB 50118—2010，特级的各类房间允许噪声级为：餐厅≤45dB；办公室、会议室≤40dB；客房昼间≤35dB，夜间≤30dB。

答案： D

（三）墙和楼板空气声隔声标准

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118—2010 规定的民用建筑构件各部位的空气声隔声标准见表 19-9。从表中看出，构件的隔声量越大，标准越高。

民用建筑构件各部位的空气声隔声标准　　表 19-9

建筑类别	隔墙和楼板部位	空气声隔声单值评价量＋频谱修正量（dB）	
		高要求标准	低限标准
住宅	分户墙、分户楼板	$R_w+C>50$	$R_w+C>45$
	分隔住宅和非居住用途空间的楼板	—	$R_w+C_{tr}>51$
	卧室、起居室（厅）与邻户房间之间	$D_{nT,w}+C\geqslant50$	$D_{nT,w}+C\geqslant45$
	住宅和非居住用途空间分隔楼板上下的房间之间	—	$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant51$
	相邻两户的卫生间之间	$D_{nT,w}+C\geqslant45$	—
	外墙	$R_w+C_{tr}\geqslant45$	

续表

建筑类别	隔墙和楼板部位	空气声隔声单值评价量+频谱修正量（dB）	
		高要求标准	低限标准
住宅	户（套）门	$R_w+C\geqslant 25$	
	户内卧室墙	$R_w+C\geqslant 35$	
	户内其他分室墙	$R_w+C\geqslant 30$	
	临交通干道的卧室、起居室（厅）的窗	$R_w+C_{tr}\geqslant 30$	
	其他窗	$R_w+C_{tr}\geqslant 25$	
学校	语言教室、阅览室的隔墙与楼板	$R_w+C>50$	
	普通教室与各种产生噪声的房间之间的隔墙、楼板	$R_w+C>50$	
	普通教室之间的隔墙与楼板	$R_w+C>45$	
	音乐教室、琴房之间的隔墙与楼板	$R_w+C>45$	
	外墙	$R_w+C_{tr}\geqslant 45$	
	临交通干线的外窗	$R_w+C_{tr}\geqslant 30$	
	其他外窗	$R_w+C_{tr}\geqslant 25$	
	产生噪声房间的门	$R_w+C_{tr}\geqslant 25$	
	其他门	$R_w+C\geqslant 20$	
	语言教室、阅览室与相邻房间之间	$D_{nT,w}+C\geqslant 50$	
	普通教室与各种产生噪声的房间之间	$D_{nT,w}+C\geqslant 50$	
	普通教室之间	$D_{nT,w}+C\geqslant 45$	
	音乐教室、琴房之间	$D_{nT,w}+C\geqslant 45$	
医院	病房与产生噪声的房间之间的隔墙、楼板	$R_w+C_{tr}>55$	$R_w+C_{tr}>50$
	手术室与产生噪声的房间之间的隔墙、楼板	$R_w+C_{tr}>50$	$R_w+C_{tr}>45$
	病房之间及病房、手术室与普通房间之间的隔墙、楼板	$R_w+C>50$	$R_w+C>45$
	诊室之间的隔墙、楼板	$R_w+C>45$	$R_w+C>40$
	听力测听室的隔墙、楼板	—	$R_w+C>50$
	体外震波碎石室、核磁共振室的隔墙、楼板	—	$R_w+C_{tr}>50$
	外墙	$R_w+C_{tr}\geqslant 45$	
	外窗	$R_w+C_{tr}\geqslant 30$（临街一侧病房）	
		$R_w+C_{tr}\geqslant 25$（其他）	
	门	$R_w+C\geqslant 30$（听力测听室）	
		$R_w+C\geqslant 20$（其他）	
	病房与产生噪声的房间之间	$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant 55$	$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant 50$
	手术室与产生噪声的房间之间	$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant 50$	$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant 45$
	病房之间及手术室、病房与普通房间之间	$D_{nT,w}+C\geqslant 50$	$D_{nT,w}+C\geqslant 45$
	诊室之间	$D_{nT,w}+C\geqslant 45$	$D_{nT,w}+C\geqslant 40$
	听力测听室与毗邻房间之间	—	$D_{nT,w}+C\geqslant 50$
	体外震波碎石室、核磁共振室与毗邻房间之间	—	$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant 50$

续表

<table>
<tr><th rowspan="2">建筑类别</th><th rowspan="2">隔墙和楼板部位</th><th colspan="6">空气声隔声单值评价量+
频谱修正量（dB）</th></tr>
<tr><th colspan="3">高要求标准</th><th colspan="3">低限标准</th></tr>
<tr><td rowspan="8">办公建筑</td><td>办公室、会议室与产生噪声的房间之间的隔墙、楼板</td><td colspan="3">$R_w+C_{tr}>50$</td><td colspan="3">$R_w+C_{tr}>45$</td></tr>
<tr><td>办公室、会议室与普通房间之间的隔墙、楼板</td><td colspan="3">$R_w+C>50$</td><td colspan="3">$R_w+C>45$</td></tr>
<tr><td>外墙</td><td colspan="6">$R_w+C_{tr}\geqslant45$</td></tr>
<tr><td>临交通干道的办公室、会议室外窗</td><td colspan="6">$R_w+C_{tr}\geqslant30$</td></tr>
<tr><td>其他外窗</td><td colspan="6">$R_w+C_{tr}\geqslant25$</td></tr>
<tr><td>门</td><td colspan="6">$R_w+C\geqslant20$</td></tr>
<tr><td>办公室、会议室与产生噪声的房间之间</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant50$</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant45$</td></tr>
<tr><td>办公室、会议室与普通房间之间</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C\geqslant50$</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C\geqslant45$</td></tr>
<tr><td rowspan="4">商业建筑</td><td>健身中心、娱乐场所等与噪声敏感房间之间的隔墙、楼板</td><td colspan="3">$R_w+C_{tr}>60$</td><td colspan="3">$R_w+C_{tr}>55$</td></tr>
<tr><td>购物中心、餐厅、会展中心等与噪声敏感房间之间的隔墙、楼板</td><td colspan="3">$R_w+C_{tr}>50$</td><td colspan="3">$R_w+C_{tr}>45$</td></tr>
<tr><td>健身中心、娱乐场所等与噪声敏感房间之间</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant60$</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant55$</td></tr>
<tr><td>购物中心、餐厅、会展中心等与噪声敏感房间之间</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant50$</td><td colspan="3">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant45$</td></tr>
<tr><td rowspan="9">旅馆</td><td></td><td colspan="2">特级</td><td colspan="2">一级</td><td colspan="2">二级</td></tr>
<tr><td>客房之间的隔墙、楼板</td><td colspan="2">$R_w+C>50$</td><td colspan="2">$R_w+C>45$</td><td colspan="2">$R_w+C>40$</td></tr>
<tr><td>客房与走廊之间的隔墙</td><td colspan="2">$R_w+C>45$</td><td colspan="2">$R_w+C>45$</td><td colspan="2">$R_w+C>40$</td></tr>
<tr><td>客房外墙（含窗）</td><td colspan="2">$R_w+C_{tr}>40$</td><td colspan="2">$R_w+C_{tr}>35$</td><td colspan="2">$R_w+C_{tr}>30$</td></tr>
<tr><td>客房外窗</td><td colspan="2">$R_w+C_{tr}\geqslant35$</td><td colspan="2">$R_w+C_{tr}\geqslant30$</td><td colspan="2">$R_w+C_{tr}\geqslant25$</td></tr>
<tr><td>客房门</td><td colspan="2">$R_w+C\geqslant30$</td><td colspan="2">$R_w+C\geqslant25$</td><td colspan="2">$R_w+C\geqslant20$</td></tr>
<tr><td>客房之间</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C\geqslant50$</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C\geqslant45$</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C\geqslant40$</td></tr>
<tr><td>走廊与客房之间</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C\geqslant40$</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C\geqslant40$</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C\geqslant35$</td></tr>
<tr><td>室外与客房</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant40$</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant35$</td><td colspan="2">$D_{nT,w}+C_{tr}\geqslant30$</td></tr>
</table>

注：声学指标等级与旅馆建筑等级的对应关系：特级——五星级以上旅游饭店及同档次旅馆建筑；一级——三、四星级旅游饭店及同档次旅馆建筑；二级——其他档次的旅馆建筑。

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118—2008 第 7.3.3 条，设有活动隔断的会议室、多功能大厅，其活动隔断的空气声隔声性能 $R_w+C\geqslant35$dB。

《电影院建筑设计规范》JGJ 58—2008 规定，观众厅与放映机房之间隔墙隔声量不宜小于 45dB，相邻观众厅之间隔声量为低频不应小于 50dB，中高频不应小于 60dB。

（四）楼板撞击声隔声标准

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118—2010 规定的建筑楼板撞击声隔声标准见表 19-10。撞击声隔声标准和空气声隔声标准正好相反，计权规范化撞击声压级 $L_{n,w}$和计权标准化撞击声压级 $L'_{nT,w}$越小，标准越高，隔声效果越好；空气声的计权隔声量越大，隔声标准越高，隔声效果越好。

民用建筑楼板撞击声隔声标准　　表 19-10

<table>
<tr><th rowspan="2">建筑类别</th><th rowspan="2">隔墙和楼板部位</th><th colspan="3">撞击声隔声单值评价量（dB）</th></tr>
<tr><th colspan="2">高要求标准</th><th>低限标准</th></tr>
<tr><td>住宅</td><td>卧室、起居室（厅）的分户楼板</td><td colspan="2">$L_{n,w}<65$
$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td><td>$L_{n,w}<75$
$L'_{nT,w}\leqslant 75$</td></tr>
<tr><td rowspan="4">学校</td><td>语言教室、阅览室与上层房间之间的楼板</td><td colspan="3">$L_{n,w}<65$，$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td></tr>
<tr><td>普通教室、实验室、计算机房与上层产生噪声的房间之间的楼板</td><td colspan="3">$L_{n,w}<65$，$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td></tr>
<tr><td>琴房、音乐教室之间的楼板</td><td colspan="3">$L_{n,w}<65$，$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td></tr>
<tr><td>普通教室之间的楼板</td><td colspan="3">$L_{n,w}<75$，$L'_{nT,w}\leqslant 75$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">医院</td><td>病房、手术室与上层房间之间的楼板</td><td colspan="2">$L_{n,w}<65$
$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td><td>$L_{n,w}<75$
$L'_{nT,w}\leqslant 75$</td></tr>
<tr><td>听力测听室与上层房间之间的楼板</td><td colspan="2">—</td><td>$L'_{nT,w}\leqslant 60$</td></tr>
<tr><td>办公建筑</td><td>办公室、会议室顶部的楼板</td><td colspan="2">$L_{n,w}<65$
$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td><td>$L_{n,w}<75$
$L'_{nT,w}\leqslant 75$</td></tr>
<tr><td>商业建筑</td><td>健身中心、娱乐场所等与噪声敏感房间之间的楼板</td><td colspan="2">$L_{n,w}<45$
$L'_{nT,w}\leqslant 45$</td><td>$L_{n,w}<50$
$L'_{nT,w}\leqslant 50$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">旅馆</td><td></td><td>特级</td><td>一级</td><td>二级</td></tr>
<tr><td>客房与上层房间之间的楼板</td><td>$L_{n,w}<55$
$L'_{nT,w}\leqslant 55$</td><td>$L_{n,w}<65$
$L'_{nT,w}\leqslant 65$</td><td>$L_{n,w}<75$
$L'_{nT,w}\leqslant 75$</td></tr>
</table>

注：1. 声学指标等级与旅馆建筑等级的对应关系：特级——五星级以上旅游饭店及同档次旅馆建筑；一级——三、四星级旅游饭店及同档次旅馆建筑；二级——其他档次的旅馆建筑。

2. $L_{n,w}$——计权规范化撞击声压级（实验室测量）；

$L'_{nT,w}$——计权标准化撞击声压级（现场测量）。

（五）工业企业允许环境噪声标准

《工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分：物理因素》GBZ 2.2—2007 规定，工作场所噪声职业接触限值，每周工作 5d，每天工作 8h，稳态噪声限值为 85dB(A)，非稳态噪声等效声级的限值为 85dB(A)；每周工作 5d，每天工作时间不等于 8h，需计算 8h 等效声级，限值为 85dB(A)；每周工作不是 5d，需计算 40h 等效声级，限值为 85dB(A)。

（六）工业企业噪声控制设计规范 GB/T 50087—2013

1. 工业企业内各类工作场所噪声值应符合表 19-11 的规定：

工业企业内各类工作场所噪声限值　　表 19-11

工作场所	噪声限值 dB（A）
生产车间	85
车间内值班室、观察室、休息室、办公室、实验室、设计室室内背景噪声级	70
正常工作状态下精密装配线、精密加工车间、计算机房	70
主控室、集中控制室、通信室、电话总机房、消防值班室、一般办公室、会议室、设计室、实验室室内背景噪声级	60
医务室、教室、值班宿舍室内背景噪声级	85

注：1. 生产车间噪声限值为每周工作 5d，每天工作 8h 等效声级；对于每周工作 5d，每天工作时间不是 8h，需计算 8h 等效声级；对于每周工作日不是 5 天，需计算 40h 等效声级；

2. 室内背景噪声级指室外传入室内的噪声级。

2. 工业企业脉冲噪声 C 声级峰值不得超过 140dB。

四、噪声控制的原则与方法

（一）噪声控制的原则

1. 在声源处控制：如把气锤式打桩机改为水压式，用压延代替锻造，用焊接代替铆接。

2. 在声的传播途径中控制：如房屋和设备的隔声隔振，建筑内的吸声与通风设备的消声；建筑外部区域和内部区域的合理规划设计，做好动静分区。

3. 个人防护：如耳塞、防声棉、耳罩、头盔等。

（二）各种噪声控制的效果

将机械传动部分的普通齿轮改为有弹性轴套的齿轮，可降低噪声 15～20dB；把铆接改为焊接；把锻打改为摩擦压力加工等，一般可降低噪声 30～40dB；采用吸声处理可降低 6～10dB；采用隔声处理可降低 20～50dB；采用隔声罩可降低 15～30dB；采用消声器可降低噪声 15～40dB；合理的规划设计可降低 10～40dB。

室外环境噪声是通过开启的窗户传到室内，室内噪声级比室外噪声级低 10dB 左右。

五、城市噪声控制

（一）城市噪声来源

1. 交通噪声

道路交通噪声、铁路噪声、飞机噪声、船舶噪声等。道路交通噪声和车辆本身有关，与车速有关；车速增加一倍，噪声级将增加 9dB。交通噪声是城市的主要噪声源。

2. 工厂噪声

工厂噪声，公共建筑中的通风机、冷却塔、变压器等设备噪声及居住区中的锅炉房、水泵房、变电站等公用设施产生的噪声。工厂噪声的平均声压级超过 65dB（A），就会引起附近居民的强烈反响。

3. 施工噪声

建筑工程、市政工程施工产生的噪声。

4. 社会生活噪声

商业、娱乐、文体、宣传、集会等社会活动及家庭娱乐、室内整修产生的噪声。多数城市的户外平均噪声级大约是 55～60dB（A）。

（二）城市噪声控制

1. 城市噪声管理与噪声控制法规

制定噪声控制法规，做好交通噪声、工业噪声、建筑施工噪声的管理；离开施工作业场地边界 30m 处，噪声不许超过 75dB，冲击噪声最大声级不得超过 90dB。生活噪声成为城市中重要的噪声源，应对其加强管理并做好设计规划。

2. 城市规划

控制城市人口；做好动静功能分区。

3. 道路交通噪声控制

改善道路和车辆设施；加强道路交通管理，保障道路畅通。交通噪声的衰减为距离增加一倍，噪声减少约 4dB。

（三）居住区规划中的噪声控制

1. 对道路的功能与性质进行明确的分类、分级。

2. 道路两侧的建筑应考虑防噪平面布局，或设隔声窗、减噪门廊，或将建筑后退。

3. 居住区内道路布局与设计有助于保持低的车流量和车速，如尽端式、风车式、曲折形道路以及T形路口；慢车道与人行道分行，道路设计为必要的最小宽度。

4. 对锅炉房、变电站等采取消声减噪措施，中、小学的操场、运动场应适当隔离。

5. L_{eq}声级低于60dB（A）及无其他污染的工厂，允许布置在居住区内靠近道路处；有噪声污染的工业区需用防护地带与居住区分开并布置在主导风向的下方。

6. 对居住区或附近产生高噪声或振动的机械，必须限制作业时间，以减少对居民休息、睡眠的干扰。

六、建筑中的吸声降噪设计

（一）吸声降噪原理

在车间里，人们听到的不只是由设备发出的直达声，还听到大量的从各个界面反射来的混响声。如果在车间内的顶棚或墙面上布置吸声材料，使反射声减弱，这时，操作人员主要听到的是由机器设备发出的直达声，而那种被噪声包围的感觉将明显减弱，这种方法叫"吸声降噪"。

（二）吸声降噪量的计算

空间某点的声压级大小：

$$L_p = L_w + 10\lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right)(\text{dB}) \qquad (19\text{-}39)$$

式中　L_w——声源声功率级，dB；

其他符号同式（19-20）说明。

采取吸声措施后室内的噪声降低值：

$$\Delta L_p = 10\lg\frac{\bar{\alpha}_2}{\bar{\alpha}_1} = 10\lg\frac{A_2}{A_1} = 10\lg\frac{T_1}{T_2}(\text{dB}) \qquad (19\text{-}40)$$

式中　ΔL_p——室内噪声降低值，dB；

$\bar{\alpha}_2$——吸声减噪处理后的平均吸声系数；

$\bar{\alpha}_1$——吸声减噪处理前的平均吸声系数；

A_2——吸声减噪处理后的室内总吸声量，m^2，$A_{后}=S\bar{\alpha}_{后}=S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+\cdots+S_n\alpha_n$；

A_1——吸声减噪处理前的室内总吸声量，m^2，$A_{前}=S\bar{\alpha}_{前}=S_1\alpha'_1+S_2\alpha'_2+\cdots+WS_n\alpha'_n$；

T_2——吸声减噪处理后的混响时间，s；

T_1——吸声减噪处理前的混响时间，s。

从上式可以得出，吸声减噪处理后的平均吸声系数增加一半，或室内总吸声量增加一倍，或混响时间减少一半，室内噪声降低3dB。

吸声减噪不能降低直达声，只能降低反射声。通过吸声减噪处理可以使房间室内平均声压级降低6～10dB，低于5dB不值得做，降低10dB以上几乎不可能。

例19-7　(2012) 在建筑室内采用"吸声降噪"的方法，可以得到以下哪种效果？

A　减少声源的噪声辐射　　　　B　减少直达声

C　减少混响声　　　　　　　　D　同时减少直达声、混响声

提示： 吸声降噪只能吸掉反射声能，不能吸掉直达声，更不能改变声源的辐射能量。混响声是反射声的一种。

答案： C

七、隔声

（一）隔声构件的综合隔声量

$$\tau_c = \frac{S_w \tau_w + S_d \tau_d}{S_w + S_d} \tag{19-41}$$

$$R_c = 10\lg \frac{1}{\tau_c}(\text{dB}) \tag{19-42}$$

式中 τ_c——组合墙的透射系数；

S_w——墙的面积，m^2，不包括门洞或窗洞面积；

S_d——门洞的面积，m^2；

τ_w——墙的透射系数；

τ_d——门的透射系数；

R_c——组合墙的隔声量。

如果组合墙上是窗户或其他孔洞，用它代替门的那项计算。通常门的面积大致为墙面积的 1/5～1/10，墙的隔声量只要比门或窗高出 10dB 即可。

（二）隔声降噪

房间的噪声降低值

$$D = L_{p1} - L_{p2}(\text{dB}) \tag{19-43}$$

$$D = R + 10\lg \frac{A}{S_{隔}}(\text{dB}) \tag{19-44}$$

式中 D——两房间噪声级差，dB；

L_{p1}——发声室噪声级，dB；

L_{p2}——接收室噪声级，dB；

R——两房间隔墙的隔声量，dB；

A——接收室吸声量，m^2，$A = S \cdot \bar{\alpha}$；

$S_{隔}$——隔墙面积，m^2。

（三）隔声间

隔声间的空间尺寸，应符合工作需要的最小空间。隔声间常用封闭式、三边式和迷宫式。观察窗可用单层、双层或三层玻璃。隔声间的墙体可采用砖墙、混凝土预制板、薄金属板或纸面石膏板等材料。隔声间内表面应铺放吸声系数高的材料，如 5～7cm 厚的超细玻璃棉或矿棉，外表面覆盖恰当的罩面层。隔声间内也可悬吊空间吸声体。

（四）隔声屏障

隔声屏障常用于减少高速公路、街道两侧噪声的干扰，有时也用在车间或办公室内。其高频减噪量一般为 15～24dB（A）。如果隔声屏障表面能够吸收声音，可有助于提高减噪效果。测点与声屏障的距离超过 300m，隔声屏障将失去减噪作用。隔声屏障用钢板、钢筋混凝土板或吸声板等制作，高度一般为 3～6m，面密度不小于 20kg/m^2。隔声屏障对降低高频声最有效。室内设置隔声屏障时，应在室内安装吸声体；隔声屏障的设置应靠近声源或接受者。

（五）隔声罩

隔声罩用来隔绝机器设备向外辐射的噪声，可兼有隔声、吸声、阻尼、隔振和通风、消声功能。隔声罩可采用全封闭式，也可留有必要的开口、活门或观察孔。

《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087—2013 要求：

（1）隔声罩宜采用带有阻尼层的钢板制作，阻尼层厚度宜为金属板厚的 1～3 倍；

（2）隔声罩内壁面与机械设备间应留有一定的空间，各内壁面与设备的空间距离宜大于 100mm；

（3）隔声罩的内侧面应设吸声层。隔声罩所有的散热通风、排烟以及生产工艺孔洞，均应设有消声器，其消声量应与隔声罩的隔声量相当。

（4）隔声罩的内侧面应设吸声层。

（5）应防止隔声罩振动向外辐射噪声。

八、气流噪声控制——消声设计

《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087—2013 要求：

1. 为降低空气动力机械辐射的空气动力性噪声或噪声源隔声围护结构散热通风口、工艺空洞等辐射出的噪声，应进行消声设计。

2. 在空间允许的情况下，消声器装设位置应符合下列规定：

（1）空气动力机械进（排）气口敞开的，应在靠近进（排）气口处装设消声器；

（2）空气动力机械进（排）气口均不敞开，但管道隔声差且管道经过空间的噪声不能满足要求时，应装设消声器；

（3）噪声源隔声围护结构空洞辐射噪声的，应在空洞处装设消声器。

3. 消声器产生的气流再生噪声对环境的影响不得超过该环境允许的噪声级。

根据消声原理，消声器可分为阻性、抗性和阻抗复合式消声器。

阻性消声器是利用装置在通风管道内壁的吸声材料使沿管道传播的噪声随与声源距离的增加而衰减，从而降低了噪声级。抗性消声器是利用管道截面的突然扩张或收缩，或借助于旁接共振腔，使沿管道传播的噪声在突变处向声源反射回去而达到消声目的。在建筑中阻性消声器用得较多。

直管式阻性消声器的消声量与吸声系数、消声器的有效长度和气流通道的有效断面周长与气流通道的断面面积之比（P/S）呈正比。气流通道断面面积增大，隔绝波长较小的高频声的效果会降低，这种现象叫高频失效。

片式阻性消声器的消声量与消声系数、消声器的有效长度呈正比，而与气流通道的宽度呈反比。气流通道的宽度越小，消声量越大。

阻性消声器对中高频噪声有显著的消声效果。气流通道的有效断面周长越大，消声的效果越好，所以如果两个消声器的长度和截面尺寸相同，片式阻性消声器要比直管式阻性消声器消声效果好。

抗性消声器常用于消除中低频噪声。

习　题

19-1　关于声源指向性，下列中哪一项不正确？（　　）

A　点声源无方向性

B　声源方向性与声源大小有关

C　频率越高，声源指向性越强

D　声源尺寸比波长越大，指向性越强

19-2　声波遇到其尺寸比波长小得很多的障板时，会产生（　　）。

A　反射　　B　干涉　　C　扩散　　D　绕射

19-3　声波遇到哪种较大面积的界面，会产生声扩散现象？（　　）

A　凸曲面　　B　凹曲面　　C　平面　　D　软界面

19-4　第一个声音的声压是第二个声音的2倍，如果第二个声音的声压级是70dB，第一个声音的声压级是（　　）。

A　70dB　　B　73dB　　C　76dB　　D　140dB

19-5　声压级为0dB的两个声音，叠加以后的声压级为（　　）。

A　没有声音　　B　0dB　　C　3dB　　D　6dB

19-6　有一种扬声器发出声音的声压级为60dB，如果将两只扬声器放在一起同时发声，这时的声压级为（　　）。

A　60dB　　B　63dB　　C　66dB　　D　120dB

19-7　有两个机器发出声音的声压级分别为85dB和67dB，如果这两个机器同时工作，这时的声压级为（　　）。

A　70dB　　B　85dB　　C　88dB　　D　152dB

19-8　两个声音传至人耳的时间差为多少毫秒（ms）时，人们就会分辨出它们是断续的？（　　）

A　25ms　　B　35ms　　C　45ms　　D　55ms

19-9　下列声压级相同的几个声音中，哪个声音人耳的主观听闻的响度最小？（　　）

A　100Hz　　B　500Hz　　C　1000Hz　　D　2000Hz

19-10　要使人耳的主观听闻的响度增加一倍，声压级要增加（　　）。

A　2dB　　B　3dB　　C　6dB　　D　10dB

19-11　声音的三要素是指什么？（　　）

A　层次、立体感、方向感　　B　频谱、时差、丰满

C　强弱、音调、音色　　D　音调、音度、层次

19-12　声音的音色主要由声音的（　　）决定。

A　声压级　　B　频谱　　C　频率　　D　波长

19-13　在室外点声源的情况下，接受点与声源的距离增加一倍，声压级降低（　　）？

A　1dB　　B　2dB　　C　3dB　　D　6dB

19-14　在室外线声源的情况下，接受点与声源的距离增加一倍，声压级降低（　　）？

A　6dB　　B　3dB　　C　2dB　　D　1dB

19-15　在一自由声场中，距离面声源2m远处的直达声压级为65dB，则距离面声源4m处的声压级为（　　）。

A　65dB　　B　62dB　　C　61dB　　D　59dB

19-16　在用伊林公式计算混响时间时，哪个频段的声音需要考虑空气吸收的影响？（　　）

A　低频　　B　中、低频　　C　中频　　D　高频

19-17　吸声量的单位是（　　）。

A　m^2　　B　%　　C　小数　　D　无量纲

19-18　下面四个房间（长×宽×高，单位为m）中，哪个房间的音质最好？（　　）

A　6×5×3.6　　B　6×3.6×3.6　　C　5×5×3.6　　D　3.6×3.6×3.6

19-19　多孔吸声材料主要吸收（　　）。

A　低频　　B　中、低频　　C　中频　　D　中、高频

19-20　下面所列的材料，哪些属于多孔吸声材料？（　　）

A　聚苯板　　B　泡沫塑料　　C　加气混凝土　　D　拉毛水泥墙面

19-21　在多孔性吸声材料外包一层塑料薄膜，膜厚多少才不会影响它的吸声性能？（　　）

A　0.2mm　　B　0.15mm　　C　0.1mm　　D　小于0.05mm

19-22　采取下列哪种措施，可有效提高穿孔板吸声结构的共振频率？（　　）

A　减小穿孔率　　B　减小板后空气层厚度

C　减小板厚　　D　减小板材硬度

19-23　在穿孔板吸声结构内填充多孔材料会使共振频率向下列哪种频段方向移动？（　　）

A　低频　　B　中频　　C　中高频　　D　高频

19-24　微穿孔板吸声构造在较宽的频率范围内有较高的吸声系数，其孔径应控制在（　　）。

A　5mm　　B　3mm　　C　2mm　　D　小于1mm

19-25　薄板吸声结构主要吸收（　　）。

A　低频　　B　中频　　C　中高频　　D　高频

19-26　下面吸声材料和吸声结构，哪些属于低频吸声？（　　）

A　50mm厚玻璃棉　　B　玻璃布包50mm厚岩棉外罩钢板网

C　人造革固定在龙骨框架上　　D　纸面石膏板吊顶

19-27　消声室（无回声室）内使用的吸声尖劈其吸声系数为（　　）。

A　1.0　　B　>0.99　　C　>0.80　　D　>0.50

19-28　吸声尖劈常用于哪种场合？（　　）

A　消声室　　B　教室　　C　厂房　　D　剧院

19-29　朝向自由声场的洞口其吸声系数为（　　）。

A　0.0　　B　0.4　　C　0.5　　D　1.0

19-30　根据质量定律，当墙体质量增加一倍时，隔声量增加（　　）。

A　3dB　　B　6dB　　C　10dB　　D　20dB

19-31　下列同样厚度的不同墙体，哪种隔声量最大？（　　）

A　空心砖墙　　B　实心砖墙

C　泡沫混凝土砌块墙　　D　陶粒混凝土墙

19-32　有一堵240mm厚砖墙隔声量为52dB，如果做成120mm厚砖墙，其隔声量为多少？（　　）

A　52dB　　B　49dB　　C　46dB　　D　42dB

19-33　为了增加隔声效果，声闸的顶棚和墙面应如何处理？（　　）

A　抹灰　　B　贴墙纸　　C　水泥拉毛　　D　作强吸声处理

19-34　旅馆建筑中的会议室、多功能大厅，其活动隔断的空气声计权隔声量＋频谱修正量不应低于（　　）。

A　20dB　　B　25dB　　C　30dB　　D　35dB

19-35　隔振系统的干扰力频率（f）与固有频率（f_0）之比，必须满足（　　），才能取得有效的隔振效果。

A　0.2　　B　0.5　　C　1.0　　D　$\sqrt{2}$以上

19-36　我国城市区域环境振动标准所采用的评价量是（　　）。

A　水平振动加速度级

B　垂直振动加速度级

C　振动速度级

D　铅直向z计权振动加速度级

19-37　改善楼板隔绝撞击声性能的措施之一是在楼板表面铺设面层（如地毯类），它对降低哪类频率的声波尤为有效？（　　）

A　高频　　B　中频　　C　中、低频　　D　低频

19-38 建筑物内设备隔振不仅有效地降低振动干扰，而且对降低下列中哪种声波也有明显效果？（　　）

A 固体声　B 纯音　C 空气声　D 复合声

19-39 要使观众席上某计算点没有回声，此点的直达声和反射声的声程差不能大于（　　）。

A 10m　B 17m　C 20m　D 34m

19-40 下列室内声学现象中，不属于声学缺陷的是（　　）。

A 回声　B 声聚焦　C 声扩散　D 声影

19-41 为了使声音充分扩散，扩散体的尺寸应该（　　）。

A 与入射声波波长无关　B 大于入射声波波长

C 小于入射声波波长　D 与入射声波波长相当

19-42 在室内布置电声系统时，要使各座位的声压级差（　　）。

A ≤1dB　B ≤3dB　C ≤6～8dB　D ≤10dB

19-43 剧院内的允许噪声级一般采用哪类噪声评价值数（N）？（　　）

A $N=15\sim20$　B $N=20\sim25$　C $N=25\sim30$　D $N=30\sim35$

19-44 从建筑声学设计考虑，体育馆内每座容积控制在多大范围合适？（　　）

A $3\sim4m^3$　B $4.5\sim5.5m^3$　C $6\sim9m^3$　D $9m^3$ 以上

19-45 在一个1/20的厅堂音质模型试验中，对500Hz的声音，模型试验时应采用多少Hz的声源？（　　）

A 500Hz　B 1000Hz　C 5000Hz　D 10000Hz

19-46 噪声对人影响的常用计量单位是（　　）。

A 分贝（dB）　B 巴（Pa）　C 分贝(A)[dB(A)]　D 牛顿/平方米（N/m^2）

19-47 《城市区域环境噪声标准》中给出了城市五类区域的环境噪声限值，该标准中所用的评价量为（　　）。

A L_{PA}　B L_{Aeq}　C L_{dn}　D L_n

19-48 噪声评价数 N 等于哪个倍频带声压级？（　　）

A 125Hz　B 250Hz　C 500Hz　D 1000Hz

19-49 以居住、文教机关为主的区域，其昼、夜间环境噪声限值分别为（　　）dB（A）。

A 50，40　B 55，45　C 60，50　D 65，55

19-50 住宅建筑室内允许噪声限值是（　　），应低于所在区域的环境噪声标准值（　　）。

A 5dB，3dB　B 10dB，8dB　C 15dB，10dB　D 20dB，15dB

19-51 某声学用房，其室内需满足 NR-25（噪声标准曲线）要求，此时该室内A声级应为（　　）。

A 20dB（A）　B 25dB（A）　C 30dB（A）　D 35dB（A）

19-52 在《民用建筑隔声设计规范》GB 50118中，旅馆客房室内允许噪声级分为几个等级？（　　）

A 5个　B 4个　C 3个　D 2个

19-53 《民用建筑隔声设计规范》GB 50118中，住宅楼楼板的计权标准化撞击声级最低标准应小于（　　）。

A 75dB　B 65dB　C 55dB　D 45dB

19-54 在车间内，工人每周工作5天，每天工作8小时，噪声标准的限值 L_{eq} 是下列哪个数值？（　　）

A 85dB　B 95dB　C 115dB　D 120dB

19-55 如果其他条件不变，直管式消声器的截面积越大，其消声效果（　　）。

A 越好　B 越差　C 不变　D 不确定

19-56 组合墙（即带有门或窗的隔墙）中，墙的隔声量应比门或窗的隔声量高多少才能有效隔声？（　　）

A　3dB　　B　6dB　　C　8dB　　D　10dB

19-57　房间的噪声降低值与（　　）无关。

A　隔墙的隔声量　　B　接收室的吸声量

C　发声室的吸声量　　D　隔墙的面积

19-58　在民用建筑中，对固定在墙体上的管路系统等设施，应采取下列哪种声学措施？（　　）

A　吸声　　B　消声　　C　隔振　　D　隔声

19-59　旅馆客房之间的送、排风管道，必须采取消声降噪措施，其消声量的选取原则为（　　）。

A　大于客房间隔墙的隔声量　　B　小于客房间隔墙的隔声量

C　相当于客房间隔墙的隔声量　　D　任意选取

19-60　用隔声屏障隔声，对哪些频率声音的隔声效果最有效？（　　）

A　高频　　B　中频　　C　低频　　D　中、低频

参考答案

19-1	B	19-2	D	19-3	A	19-4	C	19-5	C	19-6	B
19-7	B	19-8	D	19-9	A	19-10	D	19-11	C	19-12	B
19-13	D	19-14	B	19-15	A	19-16	D	19-17	A	19-18	A
19-19	D	19-20	B	19-21	D	19-22	B	19-23	A	19-24	D
19-25	A	19-26	D	19-27	B	19-28	A	19-29	D	19-30	B
19-31	B	19-32	C	19-33	D	19-34	D	19-35	D	19-36	D
19-37	A	19-38	A	19-39	B	19-40	C	19-41	D	19-42	C
19-43	B	19-44	C	19-45	D	19-46	C	19-47	B	19-48	D
19-49	B	19-50	B	19-51	D	19-52	C	19-53	A	19-54	A
19-55	B	19-56	D	19-57	C	19-58	D	19-59	C	19-60	A

第二十章　建筑给水排水

第一节　建　筑　给　水

一、冷水的贮存与加压

建筑给水系统的任务是将来自城镇供水管网（或自备水源）的水输送到室内的各种配水龙头、生产机组和消防设备等用水点，并满足各用水点对水质、水量、水压的要求。城市管网供水压力是有限度的，北京城市管网供水压力为0.2～0.3MPa（2～3kgf/cm^2），一般情况下可满足五层或六层住宅楼生活用水水压要求，但夏季用水高峰时会有所下降，为满足建筑物（特别是高层建筑）所要求的水量、水压，建筑给水系统需要贮水和加压。

（一）贮水池

1. 设置贮水池的条件

（1）当水源不可靠或只能定时供水；

（2）只有一根供水管而小区或建筑物又不能停水；

（3）外部给水管网提供的给水流量小于居住小区或建筑物所需要的设计流量；

（4）外部给水管网压力低，需用水泵加压供水又不允许直接从外部给水管网抽水时；

（5）当外部给水管网虽然压力低但供水流量较大，满足供给小区或建筑物的设计流量时，可以只设吸水井；

（6）当生产、生活用水量达到最大时，市政给水管网或引入管不能满足室内外消防用水量时，应设消防水池。

2. 水池容积的确定

（1）贮水池有效容积应该大于或等于生活用水调节水量、消防贮水量（一般情况火灾延续时间为2h，特殊时达3～6h，自动喷洒系统为1h）和安全贮水量之和减去火灾延续时间内城市给水管网的补水量。

（2）生活用水调节量应按流入量和供出量的变化曲线经计算确定，资料不足时可按最高日用水量的15%～20%确定；消防储备水量按防火规范规定执行；生产事故备用水量按工艺要求确定；安全贮水量应根据城镇供水制度、供水可靠程度及小区对供水的保证要求确定。

3. 水池设置要点

（1）生活贮水池位置应远离卫生环境不良的房间，防止生活饮用水被污染；水池进出水管应布置在相对位置，并应采取防止短路的措施。

（2）消防水池的总蓄水有效容积大于500m^{3}时，宜设两个能独立使用的消防水池，并应设置满足最低有效水位的连通管；但当有效容积大于1000m^{3}时，应设置能独立使用的两座消防水池，每座消防水池应设置独立的出水管，并应设置满足最低有效水位的连通管。

（3）供单体建筑的生活饮用水池应与其他用水的水池分开设置。生活用水、消防用水合用的贮水池应采取消防用水不被挪作其他用途的措施。

（4）高层民用建筑高压消防给水系统的高位消防水池总有效容积大于200m³时，宜设置蓄水有效容积相等且可独立使用的两格；但当建筑高度大于100m时应设置独立的两座，且每座应有一条独立的出水管向系统供水；高位消防水池设置在建筑物内时，应采用耐火极限不低于2.00h的隔墙和1.50h的楼板与其他部位隔开，并应设甲级防火门且与建筑构件应连接牢固。

（5）贮水池应设通气管；溢水管管径宜比进水管大一号；泄水管管径应根据泄空时间和泄水受体排泄能力确定。

（6）穿过水池池壁、池底的各种管道均应设置带防水翼环的刚性或柔性防水管套。

（7）材料一般为钢筋混凝土、玻璃钢、钢板等，防水内衬、防腐涂料必须无毒无害，不影响水质，外墙不能作为池壁。

例 20-1 （2014） 下列场所用水定额不含食堂用水的是：

A 酒店式公寓　　B 托儿所　　C 养老院　　D 幼儿园

提示：《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003（2009年版）第3.1.10条：宿舍、旅馆等公共建筑的生活用水定额及小时变化系数，根据卫生器具完善程度和区域条件确定。

注：1. 除养老院、托儿所、幼儿园的用水定额中含食堂用水，其他均不含食堂用水；

2. 除注明外，均不含员工生活用水，员工用水定额为每人每班40～60L；

3. 医疗建筑用水中已含医疗用水；

4. 空调用水应另计。

答案： A

（二）水箱

1. 设置水箱的条件

（1）城市给水管网的压力满足不了供水要求的高层建筑；

（2）高层民用建筑、总建筑面积大于1万m²且层数超过2层的公共建筑和其他重要建筑，必须设置高位消防水箱。

（3）高层建筑生活消防给水竖向分区的要设水箱；

（4）多层建筑城市自来水周期性压力不足，采用屋顶调节水箱供水的。

总之室内给水系统中需要增压、稳压、减压或需要贮存一定水量的应设置水箱。

2. 水箱容积的确定

室内生活用低位水箱有效容积宜按建筑物最高日用水量的20%～25%确定。由城市管网夜间直接进水的高位水箱的生活用水调节容积宜按用水人数和最高日生活用水定额确定。

3. 水箱设置要点

（1）高位水箱的设置高度应按最不利配水点所需的水压经计算确定，消防水箱的设置高度应按现行建筑防火规范有关规定确定，高层建筑屋顶水箱一般宜设在顶层；水箱应设在便于维修、光线通风良好，且不易结冻的地方。

（2）水箱一般由钢板、钢筋混凝土、玻璃钢等材料制成，但内衬及防腐涂料必须无毒无

害，不得影响水质，并经卫生防疫部门认可。

（3）水箱应设有进水管、出水管、溢水管、泄水管、通气管和水位信号装置等，为了保证水质不受污染，生活饮用水箱的进水管口的最低点高出溢流边缘的空气间隙应等于进水管管径，但最小不应小于 25mm，最大可不大于 150mm。溢流管、泄水管必须经过断流水箱及水封才能接入排水系统。溢流管宜比进水管大一号。

4. 水箱的布置要求

水箱与水箱之间，水箱与墙面之间净距不宜小于 0.7m，安装有管道的侧面与墙面净距不宜小于 1.0m，水箱顶与建筑结构最低点的净距不得小于 0.6m，水箱周围应有不小于 0.7m 的检修通道。水箱间要留有设置饮用水消毒设备、消火栓及自动喷水灭火系统的加压稳压泵以及楼门表的位置。

（三）加压设备

1. 水泵的选择

（1）水泵出水量有水箱时不应小于最大小时用水量，采用调速泵组供水时按设计秒流量计算；

（2）水泵扬程按能满足最不利配水点或消火栓所需要的水压确定。

有高位水箱时：

$$H_b \geqslant H_y + H_s + V^2/2g \tag{20-1}$$

式中 H_b——水泵总扬程，m・H_2O；

H_y——扬水高度；

H_s——水泵吸水管和出水管的总损失水头；

V——水箱入口流速（m/s）。

水泵单独供水时：

$$H_b \geqslant H_y + H_s + H_c \tag{20-2}$$

式中 H_b——水泵扬程，m・H_2O；

H_y——扬水高度；

H_s——水泵吸水管和出水管的总损失水头；

H_c——最不利配水点或消火栓要求的流出水头。

2. 水泵房

（1）泵房建筑的耐火等级应为一、二级。

（2）泵房应有充足的光线和良好的通风，并保证在冬季设备不发生冻结。泵房净高，当采用固定吊钩或移动支架时，不小于 3.0m；当采用固定吊车时，应保证吊起物底部与越过的物体顶部之间有 0.5m 以上的净距。

（3）选泵时，应采用低噪声水泵，在有防振或安静要求的房间的上下和毗邻的房间内不得设置水泵。水泵基础应设隔振装置，吸水管和出水管上应设隔振减噪声装置，管道支架、管道穿墙及穿楼板处应采取防固体传声措施，必要时可在泵房建筑上采取隔声吸声措施。

（4）泵房内应有地面排水措施，地面坡向排水沟，排水沟坡向集水坑。

（5）泵房大门应保证能使搬运的水泵机件进入，且应比最大件宽 0.5m。

（6）泵房采暖温度一般为 16℃，无人值班时采用 5℃，每小时换气次数不少于 6 次。

（7）水泵应采用自灌式充水，出水管上装阀门、止回阀和压力表，每台水泵宜设置单独的吸水管，吸水管上应设过滤器及阀门。

(8) 水泵机组布置

电机容量大于55kW时，水泵基础间的净距不得小于1.2m；电机容量在55～20kW之间时，水泵基础间的净距不得小于0.8m；电机容量小于20kW，水泵吸水管直径小于100mm时，泵组一侧与泵房墙面之间可不留通道。两台相同泵组可共用一个基础，该共用基础侧边之间及距墙面间应有不小于0.7m的通道。泵房的人行通道不得小于1.2m。配电盘前应有1.5～2.0m的通道。

3. 消防水泵房

(1) 独立建造的消防水泵房耐火等级不应低于二级，与其他产生火灾暴露危害的建筑的防火距离应根据计算确定，但不应小于15m，石油化工企业还应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160的有关规定；

(2) 附设在建筑物内的消防水泵房，应采用耐火极限不低于2.0h的隔墙和1.50h的楼板与其他部位隔开，其疏散门应靠近安全出口，并应设甲级防火门；

(3) 附设在建筑物内的消防水泵房，当设在首层时，其出口应直通室外；当设在地下室或其他楼层时，其出口应直通安全出口。

4. 气压给水及变频调速给水设备

(1) 气压给水装置是利用密闭贮罐内空气的可压缩性贮存、调节和压送水量的装置，其作用相当于高位水箱或水塔。

(2) 变频调速给水装置，通过变频方式改变水泵转速来改变水泵的工作特性，从而实现变量恒压供水。

5. 其他

(1) 压强单位换算：　　国际标准　　水压单位制

$$9.807\times10^4\mathrm{Pa}\approx0.1\mathrm{MPa}=10\mathrm{mH_2O}\text{（米水柱）} \tag{20-3}$$

(2) 建筑给水排水当量与流量换算：

建筑给水：　　1.0N（当量）=0.2L/s（升/秒）

建筑排水：　　1.0N（当量）=0.33L/s（升/秒）

二、给水系统与给水方式

(一) 给水系统的分类

1. 生活给水系统

供民用建筑和工业建筑内的饮用、烹调、盥洗、洗涤、淋浴等生活用水，其水质应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》。

2. 生产给水系统

因各种生产工艺不同，生产给水系统也不同，种类繁多，但主要用于以下几方面：生产设备的冷却、原料和产品的洗涤、锅炉给水及某些工业的原料用水等。生产用水对水质、水量、水压以及安全等方面的要求由于工艺不同差异很大。

3. 消防给水系统

供多层及高层民用建筑消防给水的消火栓系统及自动喷水灭火系统对水质要求不高，但必须保证有足够的水量和水压。

根据具体情况有时将上述三种情况合并成生活、生产、消防共用的给水系统或生活、消防共用的给水系统。

例 20-2 （2009） 小区的室外和室内给水管道设置，以下哪条错误？

A 一般室外生活与消防给水管道合用给水管网

B 室内生活与消防给水管网要求分开设置

C 发生火灾时小区室外消火栓能够给消防车供水

D 室外管网应满足小区部分用水量

提示： 一般生活和消防用水可合用管道，生活和生产用水一般应分开设置。室内消防给水系统应与生活、生产给水系统分开独立设置。室内消防给水管道应布置成环状。当发生火灾时室内消火栓泵出现故障，消防车从室外消火栓吸水，通过水泵接合器向室内消火栓管网供水。

答案： D

（二）系统选择

（1）室内应采用高压或临时高压消防给水系统且不应与生产生活给水系统合用；但当自动喷水灭火系统为局部应用系统和仅设有消防软管卷盘的室内消防给水系统时，可与生产生活给水系统合用。

（2）水量较大的用水设备，如空调冷冻设备、喷水池、游泳池等，应尽量采用循环或重复利用的给水系统。

（3）建筑物内给水系统应尽量利用室外城市自来水管网压力直接给水，如不能满足个别用水点所需水压，采用局部加压给水装置。

（4）室外管网压力周期性不足时，应采用设置调节水箱的给水系统；经常性不足时，应采用加压给水系统。

（5）采用竖向分区给水时，各分区最低卫生器具配水点处静水压力不宜大于0.45MPa；居住建筑入户管给水压力不应大于0.35MPa；生活给水系统中卫生器具给水配件处静水压不大于0.6MPa。

（6）消火栓给水系统最低消火栓处静水压不大于1.0MPa，自动喷水灭火系统管网工作压力不大于1.2MPa。

（三）给水方式

1. 直接供水方式

直连利用外部给水管网水压供水，供水较可靠，系统简单，投资少，安装维修简单，节约能源，水质可靠，无二次污染，但是外管网停水时内部立即停水。适用于单层、多层建筑。

直接供水方式，建筑物内部最不利配水点所需压力（图 20-1）：

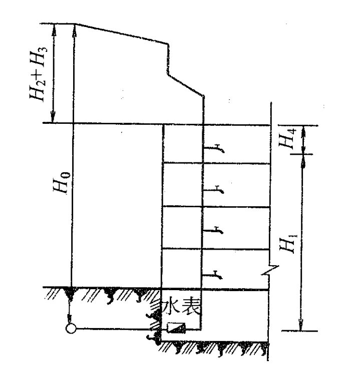


图 20-1 室内给水系统所需压力示意

$$H_0 = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 \tag{20-4}$$

式中 H_1——最高最远配水点与室外引入管中心高差；

H_2——计算管路损失；

H_3——水流通过水表的水头损失；

H_4——最远配水点流出水头。

经验估算：建筑一层需 10m 水柱，二层需 12m 水柱，三层需 16m 水柱，四层需 20m 水柱（二层以上每层增加 4m 水柱）。

2. 设水池、水泵和水箱的供水方式（图 20-2）

下层利用外网水压直接供水，上层利用水泵提升，采用水箱供水，停水停电时上层仍可延时供水，供水较可靠；但是安装维护较麻烦，投资较大，水泵振动时有噪声干扰。

3. 分区并联供水方式（图 20-3）

水泵集中布置在地下室内；分区设置高位水箱，各区独立运行互不干扰，供水可靠，水泵集中布置便于维护、管理，能源消耗小，但是管路多投资大。

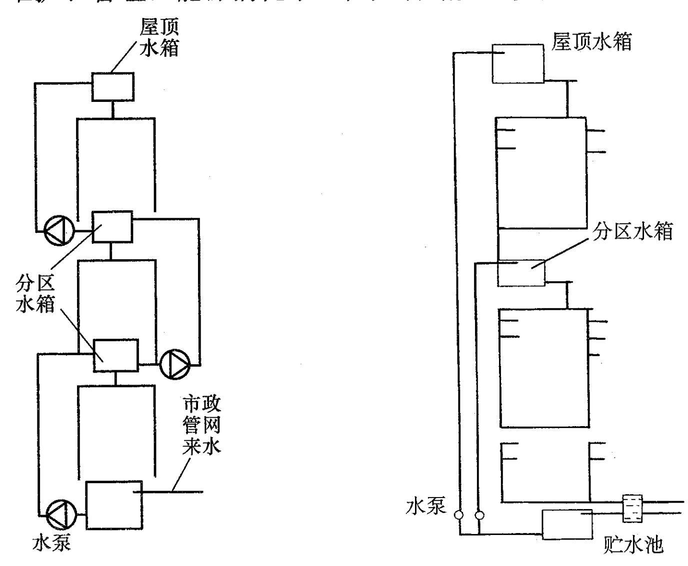


图 20-2　分区串联供水方式　　图 20-3　分区并联供水方式

4. 分区串联供水方式（图 20-2）

分区设置水箱、水泵，利用水箱减压，自下区水箱抽水供上区用水。供水较可靠，设备与管道较简单，投资较省，设备集中维护较方便；但是上区供水量受下区限制，能源消耗较大。

5. 分区减压阀减压供水方式

水泵统一加压，仅在顶层设置水箱，设备管道少，投资省，设备布置集中，便于维护管理，但是能源消耗较大。

（四）管网布置方式

1. 布置方式分类

各种给水系统按横向配水干管的敷设位置可以布置成下行上给式、上行下给式、环状中分式等方式。

（1）下行上给式

横向配水干管敷设在底层，埋设在地沟或地下室顶棚下；适用于居住楼、公共建筑和工业建筑，利用外网水压直接供水的系统多采用这种方式。

（2）上行下给式

横向配水干管敷设在顶层顶棚下或吊顶内，也可敷设在屋顶上或高层建筑设备层内，设有高位水箱的居住楼、公共建筑或地下管线较多的工业厂房，多采用这种方式。

(3) 环状式

横向配水干管或配水立管互相连接，组成水平及竖向环状网管；高层建筑、大型公共建筑，要求不间断供水的建筑多采用这种方式。

2. 管道敷设

给水管道一般宜明装，如建筑或生产工艺有特殊要求时可暗装。

(1) 给水管暗装时

1) 横管应敷设在地下管沟、设备层及顶棚内；

2) 立管敷设在公用的管道井内，如不可能，可敷设在竖向管槽内，支管宜埋在墙槽内；

3) 在管道上的阀门处应留有检修门，并保证检修方便；通行管沟应设置出入口。

(2) 给水管道与其他管道同沟时

1) 给水管应在排水管上面、热水管下面；

2) 给水管不得与输送易燃，可燃，有害液体、气体管道同沟。

(3) 给水管埋地敷设时

管顶最小覆土深度不得小于土壤冰冻线以下 0.15m；地下室的地面下不得埋设给水管道，应设专用的管沟。管道不得穿越设备基础，应避开可能受重物压坏处。给水管与排水管平行或交叉埋设时，管外壁的最小净距分别为 0.5m 或 0.15m。给水横管宜有0.002～0.005 的坡度坡向泄水装置，给水引入管应有不小于 0.003 的坡度坡向室外给水管网或阀门井。

(4) 管道穿过建筑物的墙板应采取下列保护措施

穿过地下室外墙或地下构筑物墙壁时，预留孔洞应加设防水套管。如必须穿过建筑物伸缩缝、沉降缝时应设置补偿管道伸缩和剪切变形的装置。穿承重墙、楼板或基础处应预留孔洞，管顶净空一般不小于 0.1m。地下构筑物下面的管道宜加设套管。管道要采用防腐、保温、防结露技术措施。

(5) 空调循环水冷却系统

循环水冷却系统一般采用开式循环冷却系统，循环水通过冷却塔与空气直接接触进行冷却，冷却塔一般设于高层建筑顶层或楼房的楼顶，循环水泵设于冷冻机房，冷水池设于地下或设于冷却塔底部与集水盘结合。冷却循环水补充水量一般按循环水量的 2%～3% 计算。冷却塔有横流式、逆流式两种，选用时除应满足水量要求外，噪声不能超过规定标准。

第二节　建筑内部热水系统

一、热水加热方式

加热方式主要根据使用特点、耗热量、热源情况、燃料种类等确定，主要有两类：直接加热和间接加热。常用加热方式有下面几种：

(一) 热水锅炉直接加热

用水量均匀、耗热量不大（一般小于 380kW 的用户，即少于 20 个淋浴器的浴室，饮食店、理发馆等），锅炉应有消烟除尘措施，符合排放标准；锅炉结构须符合有关标准。其特点为：

（1）设备系统简单，投资少，一次换热效率较高；

（2）运营及卫生条件较差；

（3）水温波动大。

热水锅炉加贮热水罐，定时供应热水时，可用于淋浴器不多于 20 个的浴室，供水安全，水温相对稳定。热水罐底须高于锅炉顶。

（二）煤气加热器加热（煤气热水器）

单个淋浴器，耗热量小于 16kW，在住宅等处大量使用，要注意通风，保证使用安全；工厂、车间、旅馆、幼儿园等单间浴室不能采用，疗养院、休养所浴室、学校浴室不能采用。其特点为：

（1）设备、管道简单，使用方便；

（2）卫生，热效率高；

（3）水质硬度高时易结垢；

（4）住宅安装时，厨房、卫生间距离不宜太远。

带 2～3 个淋浴器的容积式煤气热水器，可用于用水量不大的饮食店、理发馆。

（三）电加热器加热（电热水器）

其他热源供应困难，电力充裕时，可采用电加热器供应热水，电加热器应有安全措施及功率与温度调节装置。其特点为：

（1）使用方便卫生；

（2）无二次污染；

（3）耗电量大，成本高。

大功率容积式电加热器，具有一定热水贮水容积，可作局部备用热源。

（四）太阳能热水器加热

我国西北、华北地区除冬季以外有较好的使用条件。太阳能热水器由集热器、贮热水箱组成，集热器是太阳能热水器的关键部分，管式集热器热效率高，绝缘性能好，寿命长，结构简单。贮热水箱用于贮存热水，便于自然循环，稳定水压，构造与热水系统的热水箱相同。

（五）汽水混合加热

应用在有蒸汽来源，耗热量一般小于 760kW，且对噪声要求不高的公共浴室、洗衣房、工矿企业等用户。蒸汽品质应满足使用要求，应有消声隔振措施，采用闭式水罐加热时冷水须经冷水箱补给，蒸汽压力应保证大于罐内水压。其特点为：

（1）设备系统简单；

（2）热效率较高；

（3）噪声大；

（4）凝结水不能回收，锅炉给水费用高。

（六）容积式换热器间接加热

可以用在以城市热网为热媒的集中制备热水的用户，包括要求供水稳定安全、噪声低

的旅馆、医院、公寓、住宅、办公楼等。耗热量大的用户，要设有质量好的温度调节阀，设备内储存一定容积的热水，所以供水稳定，安全可靠，设备简单，换热效果较好，要求机房净高不小于4m。

（七）快速加热器间接加热

可以用在耗热量大，冷水硬度低的场所；如果给水硬度高时需作软化处理。其特点为：

(1) 换热效果好，供水安全；

(2) 给水硬度高时结垢严重，水头损失与温度波动较大。

（八）容积式换热器与快速加热器串联加热

以75℃左右低温热水为热媒时，冷水经快速加热器再进入容积式加热器，热水先进容积式加热器再进入快速加热器，系统设备复杂且占地较大。

容积式换热器的形式、容量、布置要求：净宽0.7m通道前端设有抽出加热器盘管的位置，由自动温度调节装置控制出水温度一般不超过60℃；换热器设温度表、压力表、安全阀等；为保证水质，需设软化水设备或电磁水处理设备。

近年随着供热技术发展，推出了半容积式水加热器，体积小，效率更高。

二、热水供应系统

（一）按热水系统供应范围分

1. 局部热水供应系统

采用小型加热器在用水场所就地加热，供局部范围内一个或几个用水点使用。其特点为：

(1) 各用户按需要加热热水；

(2) 系统简单，造价低，维护管理容易；

(3) 热水管道短，热损失小；

(4) 不需要建造锅炉房、加热设备、管道系统和聘用专职司炉工人；

(5) 热媒系统设施增加，投资增大；

(6) 小型加热器效率低，热水成本高。

适用于热水用水量小且分散的建筑：如饮食店、理发店、门诊所、办公楼、住宅建筑。

2. 集中热水供应系统

热水用水量大，用水点多且较集中的建筑，如旅馆、医院、住宅、公共浴室等。在锅炉房内设热交换站将水集中加热。通过热水管道将热水输送到一栋或几栋建筑。其特点为：

(1) 加热设备集中管理方便；

(2) 考虑热水用水设备的同时使用率，加热设备的总负荷可减少；

(3) 大型锅炉热效率高，可使用煤等廉价的燃料；

(4) 设备系统复杂，建筑投资较高；

(5) 管道热损失大，需要专门的管理、操作维护工人；

(6) 改建、扩建困难，大修复杂。

3. 区域热水供应系统

要求热水供应的建筑甚多且较集中的城镇，如住宅区和大型工业企业。水在热电厂、区域性锅炉房或区域性热交换站加热，通过室外热水管网将热水输送到城市街坊住宅小区

各建筑物中。其特点为：

（1）便于集中统一维护管理和热能综合利用；

（2）大型锅炉房的热效率和操作管理的自动化程度高；

（3）消除分散小型锅炉房，减少环境污染；

（4）设备系统复杂，需敷设足够室外供水和回水管道，基建投资甚高；

（5）需专门的管理技术人员。

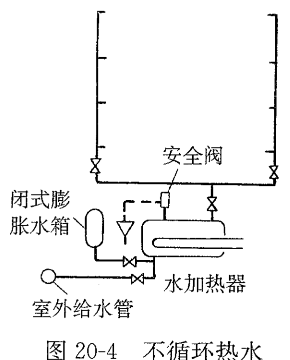


图 20-4　不循环热水供应系统

（二）按热水管网循环方式

1. 不循环热水供应系统（图 20-4）

管道短小的小型热水系统，适用于连续供水或定时集中用水系统。其特点为：管路简单，工程投资省，不需热水循环泵，使用时先放掉系统中的冷水，浪费水量，使用不便。

2. 半循环热水供应系统（图 20-5）

适用于层数不超过 5 层（含 5 层）的建筑，对水温要求不太严格的对象。其特点为：

（1）使用前管网中冷水放水量减少，放水等待时间短；

（2）简化循环管路，工程投资节省，形成单管路循环，消除了循环短路现象；

（3）需设循环水泵；

（4）供、回水管道一般设于地下或地下室，好管理，也可布置成上供下回。

3. 全循环热水供应系统（图 20-6）

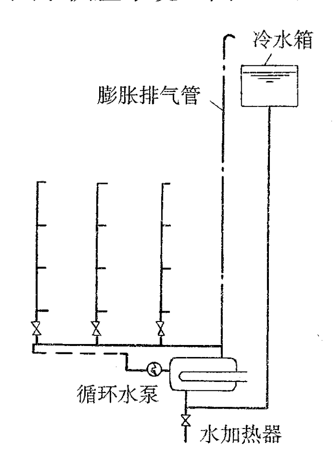


图 20-5　半循环热水供应系统

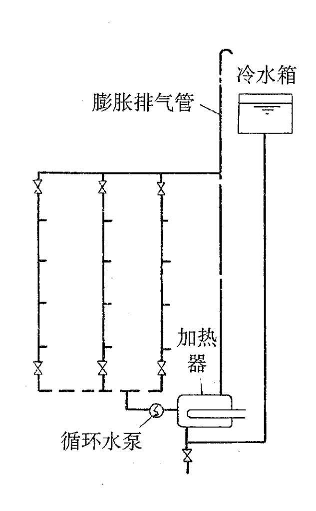


图 20-6　全循环热水供应系统

适用于对热水供应要求高的建筑物，如宾馆、医院等建筑。

（1）可随时迅速获得热水，使用方便；

（2）工程投资大,环路多,易发生短路循环,需调节平衡各环路阻力损失,需设循环泵。

（三）按热水循环水泵运行方式分类

1. 全日循环热水供应系统

需全天供应热水的建筑如宾馆、医院等，在热水供应时间内，热水管网中任何时刻都保持着循环流量。其特点为：

(1) 在热水供应时间内，管网中任何时刻都保持着设计水温的水流，用水方便；

(2) 循环水泵整日工作。

2. 定时循环热水供应系统

适用于每天定时供应热水建筑，每天在热水供应前，将管网中冷却了的水强制循环一定时间，在热水供应时间内根据使用热水的繁忙程度，循环水泵间断工作。

(四) 热水供应系统的选择

(1) 热水供应系统的选择，应根据使用要求、耗热量及用水点分布情况，结合热源条件确定。

(2) 集中热水供应系统的热源，宜首先利用工业余热、废热、地热。

当日照时数大于1400h/年且年太阳辐射大于4000MJ/m^2及年极端最低气温不低于−45℃的地区，宜优先采用太阳能作为热水供应热源。

具有可再生低温能源的一些地区，可采用热泵热水供应系统。

例 20-3 (2012) 以下哪项不是集中热水供应系统应首先选用的热源：

A 工业余热、废热　　B 地热

C 太阳能　　D 电能、燃油热水锅炉

答案： D

(3) 当没有条件利用工业余热、废热或太阳能时，应优先采用能保证全年供热的热力管网作为集中热水供应系统的热源；当热力管网只在采暖期运行时，是否设置专用锅炉，应进行技术经济比较确定。

(4) 如区域性锅炉房或附近的锅炉房能充分供给蒸汽或高温水时，宜采用蒸汽或高温水作为集中热水供应系统的热源，不另设专用锅炉房。

(5) 局部热水供应系统的热源宜采用太阳能及电能、燃气、蒸汽等。

(6) 利用废热（废气、烟气、高温废液等）作为热媒，应采取下列措施：

1) 加热设备应防腐，其构造应便于清除水垢和杂物；

2) 防止热媒管道渗漏而污染水质；

3) 消除废气压力波动和除油。

(7) 升温后的冷水，其水质如符合《生活饮用水卫生标准》的要求时，可作为生活用热水。

(8) 采用蒸汽直接通入水中的加热方式，宜用于开式热水供应系统，并应符合下列条件：

1) 当经技术经济比较不回收凝结水为合理时；

2) 蒸汽中不含油质及有害物质；

3) 加热时所产生的噪声不超过允许值；

4) 应采取防止热水倒流至蒸汽管道的措施。

(9) 集中热水供应系统，要求及时取得不低于规定温度的热水的建筑物内，应设置热水循环管道。

(10) 定时供应热水系统，当设置循环管道时，应保证干管中的热水循环。

全日供应热水的建筑物或定时供应热水的高层建筑，当设置循环管道时，应保证干管和立管中的热水循环。

注：有特殊要求的建筑物，还应保证支管中的热水循环。

（11）集中热水供应系统的建筑物，用水量较大的集中浴室、洗衣房、厨房等，宜设置单独的热水管网；热水为定时供应时，如个别单位对热水供应时间有特殊要求，宜设置单独的热水管网或局部加热设备。

（12）高层建筑热水供应系统的分区，应与给水系统的分区一致；各区的水加热器、贮水器的进水，均应由同区的给水系统专管供应，不能满足时，应采取保证冷热水压力平衡的措施。

（13）当给水管道的水压变化较大且用水点要求水压稳定时，宜采用开式热水供应系统。

（14）当卫生器具设有冷热水混合器或混合龙头时，冷、热水供应系统应在配水点处有相近的水压。

（15）公共浴室淋浴器出水水温应稳定，并宜采取下列措施：

1）采用开式热水供应系统。

2）给水额定流量较大的用水设备的管道，应与淋浴器配水管道分开。

3）多于 3 个淋浴器的配水管道，宜布置成环形。

4）成组淋浴器配水支管的沿途水头损失：当淋浴器少于或等于 6 个时，可采用每米不大于 300Pa；当淋浴器多于 6 个时，可采用每米不大于 350Pa，配水管不宜变径，且其最小管径不得小于 25mm。

5）工业企业生活间和学校的淋浴室，宜采用单管热水供应系统。

单管系统应采取保证热水水温稳定的技术措施。公共浴室不宜采用公共浴池沐浴的方式。

（五）管道布置

建筑物内集中热水供应系统的热水循环管道宜采用同程布置，当采用同程布置困难时，应采取保证干管和立管循环效果的措施。各环路阻力损失应相接近，防止循环短路。

尽量采用上行下给式布置方式。开式热水系统需加膨胀管，闭式热水系统需加膨胀罐。热水管道一定距离应设伸缩管，热水管道均要保温。

例 20-4 （2006） 集中热水供应系统的热水，下述哪项是错误的？

A 热水循环采用自然循环方式

B 热水循环回水管道应保证干管和立管中的热水循环

C 要求随时取得不低于规定温度的热水的建筑物，热水循环回水管道应保证支管中的热水循环

D 循环管道应采用同程布置的方式

提示： 集中热水管网的循环动力只能是机械循环（即强制循环），不能采用自然循环方式。

答案： A

第三节　水污染的防治及抗震措施

从城市给水管网引入建筑物的自来水水质应该符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》的要求。若建筑内部的给水系统设计、施工或维护不当，都可能出现水质被污染现象，致使疾病传播，直接危害人民的健康和生命。因此，必须加强水质防护，确保供水安全。

一、水质污染的现象及原因

（1）贮水池（箱）的制作材料或防腐涂料选择不当，若含有毒物质，逐渐溶于水中，将直接污染水质。

（2）水在贮水池（箱）中停留时间过长，当水中余氯量耗尽后，随着有害微生物的生长繁殖，会使贮水池（箱）中的水腐败变质。

（3）贮水池（箱）管理不当，如水池（箱）人孔不严密，通气管或溢流管口敞开设置，尘土、蚊蝇、鼠、雀等均可能通过以上孔、口进入水中造成污染。

（4）回流污染，即非饮用水或其他液体倒流入生活给水系统产生的污染。

形成回流污染的主要原因是：

1）埋地管道或阀门等附件连接不严密，平时渗漏，当饮用水断流，管道中出现负压时，被污染的地下水或阀门井中的积水即会通过渗漏处，进入给水系统。

2）器具附件安装不当，出水口设在卫生器具或用水设备溢流水位下，或溢流管堵塞，而器具或设备中留有污水，室外给水管网又因事故供水压力下降，当开启放水附件时，污水即会在负压作用下，吸入给水管道，如图 20-7 所示。

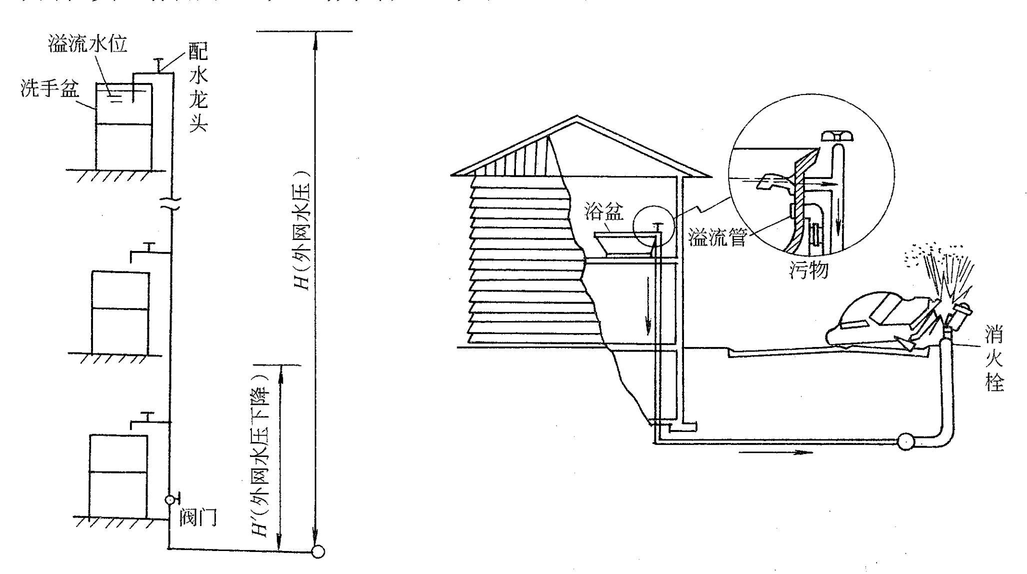


图 20-7　回流污染

3）饮用水管与大便器（槽）连接不当，如给水管与大便器（槽）的冲洗管直接相连，并用普通阀门控制冲洗，当给水系统压力下降时，开启阀门也会出现回流污染现象；饮用水与非饮用水管道直接连接，当非饮用水压力大于饮用水压力且连接管中的止回阀或阀门密闭性差，则非饮用水会渗入饮用水管道造成污染。

二、防止水质污染的措施

（1）饮用水管道与贮水池（箱）不得布置在易受污染处，非饮用水管不得从贮水设备中穿过。设在建筑物内的贮水池（箱），不得利用建筑本体结构如基础、墙体、地板等，作为池底、池壁、池盖，其四周及顶盖上均应留有检修空间。埋地饮用水池周围 10m 以内，不得有化粪池、污水处理构筑物、渗水井、垃圾堆放点等污染源，周围 2m 以内不得有污水管和污染物。当达不到要求时，应采取防污染的措施。

（2）贮水池（箱）若需防腐，应采用无毒涂料；若采用玻璃钢制作时，应选用食品级玻璃钢为原料。其溢流管、排水管不能与污水管直接连接，均应有空气隔断装置。通气管和溢流管口要设铜丝或钢丝网罩，以防污物、蚊蝇等进入。

（3）贮水池（箱）要加强管理，池（箱）上加盖防护，池（箱）内定期清洗。饮用水在其中停留时间不能过长，否则应采取加氯等消毒措施。在生活（生产）、消防共用的水池（箱）中，为避免平时不能动用的消防用水长期滞留，影响水质，可采用生活（生产）用水从池（箱）底部虹吸出流，或池（箱）内设溢流墙（板）等措施，使消防用水不断更新，如图 20-8 所示。

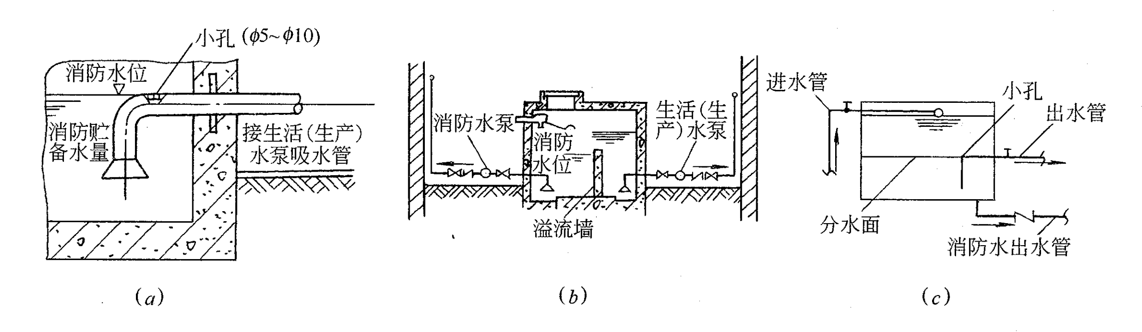


图 20-8　贮水池（箱）中消防贮水平时不被动用和水质保护措施

（*a*）在生产（生活）水泵吸水管上开小孔形成虹吸出流；（*b*）在贮水池中设溢流墙，生活（生产）用水经消防用水贮存部分出流；（*c*）在水箱出水管上设小孔形成虹吸出流

（4）生活饮用水不得因管道内产生虹吸、背压回流而受污染，出水口不得被任何液体或杂质所淹没；生活饮用水管道的出水口与用水容器溢流边缘水位之间应有不小于出水口直径 2.5 倍的最小空气间隙，如图 20-9 所示；特殊器具不能设置最小空气间隙时，应设置管道倒流防止器或采取其他有效的隔断措施。

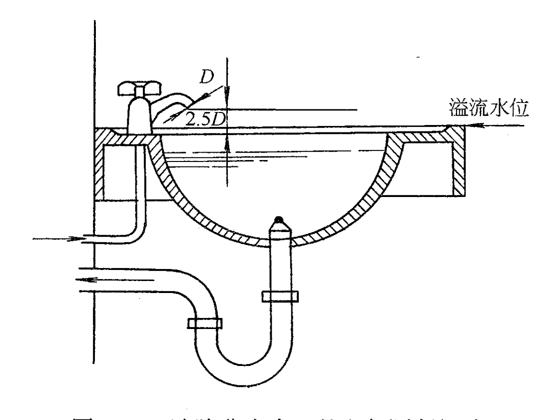


图 20-9　洗脸盆出水口的空气隔断间隙

（5）城镇给水管道严禁与自备水源的供水管道直接连接，严禁与非生活饮用水管道直接连接。从生活饮用水管道上直接接出下列用水管道时，应在这些用水管道上设置管道倒流防止器或其他有效地防止倒流污染的装置：

1）单独接出的消防用水管道的起端

（不含室外给水管道上接出的室外消火栓）应设倒流防止器。

2）从城市给水管道上直接吸水的水泵吸水管上。

3）当游泳池、水上游乐池、按摩池、水景池、循环冷却水集水池等的充水或补水管出口与溢流水位之间的空气间隙小于出口管径2.5倍时，在充（补）水管上应设置真空破坏器。

4）由城市给水管直接向锅炉、热水机组、水加热器、气压水罐等有压容器或密闭容器注水的进水管上。

5）不含有化学药剂的绿地等自动喷灌系统。当喷头为地下式或自动升降式时，其管道起端应设置真空破坏器。

6）从城市不同环网的不同管段接出两路及两路以上的引入管向居民小区供水，且与城市给水管形成环状管网时，其引入管上（一般在总水表后）应设倒流防止器。

（6）生活饮用水管道应避开毒物污染区，当受条件限制不能避开时，应采取防护措施。

（7）非饮用水管道工程验收时，应逐段检查，以防饮用水管道与非饮用水管道误接；非饮用水管道上的放水口（水龙头等）应有明显标志，并应采取防止误用和误饮的措施。

例20-5 （2007） 为防止埋地生活饮用贮水池不受污染，以下哪条错误？

A 10m以内不得有化粪池

B 满足不了间距要求时，可提高水池底标高使其高于化粪池顶标高

C 周围2m以内不得有污水管和污染物

D 采用双层水池池壁结构时也必须满足与化粪池的间距要求

答案： D

三、抗震措施

由于我国某些地区处在地壳地震断裂带附近，由此引发的大小地震会对给水排水设施产生负面影响，因此在给水排水系统的设计、施工中需要采取一定的抗震措施，设计应该满足《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》TJ 32—78中的有关规定，施工应该满足《室外给水排水工程设施抗震鉴定标准》GBJ 43—82中的有关规定，部分内容摘录如下。

（一）给水排水管道

（1）管道的管材选择应符合下列要求：

1）地下直埋管道应尽量采用延性较好或具有较好柔性接口构造的管材；

2）通过地震断裂带的管道、穿越铁路或其他主要交通干线以及位于地基土为可液化土地段上的管道，应采用钢管。

（2）地下直埋承插式铸铁管道的直线管段上，当采用胶圈水泥填料的半柔性接口代替柔性接口时应在该管段上全线设置半柔性接口。

（3）室外圆形排水管道要设置管道基础，其接口应尽量采用铁丝网水泥砂浆抹带接口；地基土为可液化土地段上的管道，应该采用钢筋混凝土管并设置柔性接口。

（4）管道穿过建筑物的墙或基础时，应该符合下列要求：

1）应在墙或基础上设置套管，管道与套管间的缝隙采用柔性连接；

2）当穿越的管道必须与墙或基础嵌固时，应在穿越的管道上就近设置柔性连接。

（5）架空管道不得架设在设防标准低于其设计烈度的建筑物上，在架空管道的活动支架上，应设置侧向挡板。

（6）给水管网的阀门及消火栓的设置，应合理布置，便于养护和管理。

（二）附属构筑物

对于给水阀门井、地下消火栓井、排水检查井、地下式水池、地下式泵房等附属构筑物的抗震措施包括：

（1）当设计烈度为7度或8度，且地基土为可液化土段及设计烈度为9度且场地土为Ⅲ类时，地下管网的阀门井、检查井（室）、地下附属构筑物的砖砌体，应配置环向圈梁，水平封闭钢筋，每50cm高度内不宜少于$2\phi6$。

（2）管道与地下水池、泵房等构筑物连接处，应该设有柔性连接，如建筑物墙上预留套管的缝隙，套管与接入管间的空隙内要填入柔性填料。

第四节　消　防　给　水

一、室外消防给水

1. 城镇应沿可通行消防车的街道设置市政消火栓系统，民用建筑周围应设置室外消火栓系统，用于消防救援和消防车停靠的屋面上，应设置室外消火栓系统。

2. 当市政给水管网设有市政消火栓时，应符合下列规定：

（1）设有市政消火栓的市政给水管网宜为环状管网，但当城镇人口小于2.5万人时，可为枝状管网；

（2）接市政消火栓的环状给水管网的管径不应小于$DN150$，枝状管网的管径不宜小于$DN200$，当城镇人口小于2.5万人时，接市政消火栓的给水管网的管径可适当减少，环状管网时不应小于$DN100$，枝状管网时不宜小于$DN150$；

（3）工业园区、商务区和居住区采用两路消防供水，当其中一条引入管发生故障时，其余引入管在保证满足70%生产生活给水的最大小时设计流量条件下，应仍能满足消防给水设计水量。

3. 向两栋或两座及以上的建筑供水时、向两种及以上水灭火系统供水时、采用设有高位消防水箱的临时高压消防给水系统时的消防给水应采用环状管网。

4. 向室外、室内环状消防给水管网供水的输水干管不应小于两条，当其中一条发生故障时，其余的输水干管仍能满足消防给水设计流量。

5. 消防给水管道应采用阀门分成若干独立段，每段内室外消火栓的数量不宜超过5个。

6. 自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统和固定消防炮灭火系统等系统以及超过5层的公共建筑、高层建筑、超过2层或建筑面积大于1万m^2的地下建筑（室）的室内消火栓给水系统应设置消防水泵接合器。

7. 消防水泵和消防控制室应采取防水淹的技术措施。

8. 城镇市政消防给水设计流量应按同一时间内的火灾起数和一起火灾灭火设计流

量经计算确定，同一时间内的火灾起数和一起火灾灭火设计流量不应小于表 20-1 的规定。

9. 耐火等级为一、二级的住宅室外消火栓设计流量为 15L/s；建筑体积小于等于 5000m^3的单层及多层公共建筑室外消火栓设计流量为 15L/s；建筑体积介于 5000～20000m^3的单层及多层公共建筑和高层公共建筑室外消火栓设计流量为 25L/s；建筑体积介于 2 万～5 万 m^3的单层及多层公共建筑和高层公共建筑室外消火栓设计流量为 30L/s；建筑体积大于 5 万 m^3的单层及多层公共建筑和高层公共建筑室外消火栓设计流量为 40L/s。耐火等级为四级的单层及多层民用建筑，当建筑体积小于等于 3000m^3时，室外消火栓设计流量为 15L/s；建筑体积介于 3000～5000m^3，室外消火栓设计流量为 20L/s；建筑体积介于 5000～20000m^3，室外消火栓设计流量为 25L/s。

城镇同一时间内的火灾起数和一起火灾灭火设计流量　　表 20-1

<table>
<tr><th>人数（万人）</th><th>同一时间内的火灾起数（起）</th><th>一起火灾灭火设计流量（L/s）</th></tr>
<tr><td>$N \leq 1.0$</td><td rowspan="2">1</td><td>15</td></tr>
<tr><td>$1.0 \lt N \leq 2.5$</td><td>20</td></tr>
<tr><td>$2.5 \lt N \leq 5.0$</td><td rowspan="5">2</td><td>30</td></tr>
<tr><td>$5.0 \lt N \leq 10.0$</td><td>35</td></tr>
<tr><td>$10.0 \lt N \leq 20.0$</td><td>45</td></tr>
<tr><td>$20.0 \lt N \leq 30.0$</td><td>60</td></tr>
<tr><td>$30.0 \lt N \leq 40.0$</td><td rowspan="2">75</td></tr>
<tr><td>$40.0 \lt N \leq 50.0$</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td>$50.0 \lt N \leq 70.0$</td><td>90</td></tr>
<tr><td>$N \gt 70.0$</td><td>100</td></tr>
</table>

10. 当市政给水管网连续供水时，消防给水系统可采用市政给水管网直接供水。

11. 符合下列规定之一时，应设置消防水池：

（1）当生产、生活用水量达到最大时，市政给水管网或者入户引入管不能满足室内、室外消防给水设计流量；

（2）当采用一路消防供水或者只有一条引入管，且室外消火栓设计流量大于 20L/s 或建筑高度大于 50m；

（3）市政消防给水设计流量小于建筑室内消防给水设计流量。

12. 井水等地下水源可作为消防水源。

13. 建筑物室外宜采用低压消防给水系统，当采用市政给水管网供水时，应符合下列规定：

（1）应采用两路消防供水，除建筑高度超过 54m 的住宅外，室外消火栓设计流量小于等于 20L/s 时可采用一路消防供水；

（2）室外消火栓应由市政给水管网直接供水。

14. 市政消火栓和建筑室外消火栓应采用湿式消火栓系统。

15. 市政消火栓采用直径 *DN*150 的消火栓。

16. 市政桥桥头和城市交通隧道出入口等市政公用设施处，应设置市政消火栓。

17. 市政消火栓的保护半径不应超过150m，间距不应大于120m。

18. 当市政给水管网设有市政消火栓时，其平时运行工作压力不应小于0.14MPa，火灾时水力最不利市政消火栓的出流量不应小于15L/s，且供水压力从地面算起不应小于0.10MPa。

19. 地下式市政消火栓应有明显的永久性标志。

20. 室外消火栓宜沿建筑周围均匀布置，且不宜集中布置在建筑一侧，建筑消防扑救面一侧的室外消火栓数量不宜少于2个。

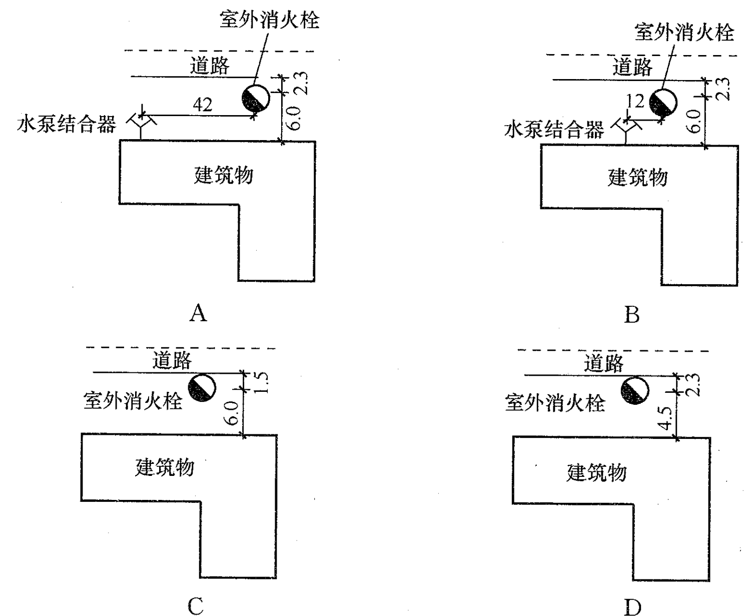
例20-6 （2006）水泵接合器应设在室外便于消防车使用的地点，距室外消火栓或消防水池的距离宜为：

A 50m　　B 15～40m　　C 10m　　D 5m

提示：《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974—2014 第5.4.7条：水泵接合器应设在室外便于消防车使用的地点，且距室外消火栓或消防水池的距离不宜小于15m，并不宜大于40m。

答案： B

例20-7 （2006）室外消火栓的设置，下列哪个示意图是正确的？



提示：《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974—2014 第7.2.6条：市政消火栓应布置在消防车易于接近的人行道和绿地等地点，且不应妨碍交通，并应符合下列规定：

1. 市政消火栓距路边不宜小于0.5m，并不应大于2.0m；

2. 市政消火栓距建筑外墙或外墙边缘不宜小于5.0m。

答案： C

二、室内消防给水

1. 民用建筑分类（表20-2）

民用建筑分类表 **表 20-2**

名称	高层民用建筑		单、多层民用建筑
	一类	二类	
住宅建筑	建筑高度大于 54m 的住宅建筑（包括设置商业服务网点的住宅建筑）	建筑高度大于 27m，但不大于 54m 的住宅建筑（包括设置商业服务网点的住宅建筑）	建筑高度不大于 27m 的住宅建筑（包括设置商业服务网点的住宅建筑）
公共建筑	1. 建筑高度大于 50m 的公共建筑； 2. 建筑高度 24m 以上、部分任一楼层建筑面积大于 1000m² 的商店、展览、电信、邮政、财贸、金融建筑和其他多种功能组合的建筑； 3. 医疗建筑、重要公共建筑； 4. 省级及以上的广播电视和防灾指挥调度建筑、网局级和省级电力调度建筑； 5. 藏书超过 100 万册的图书馆、书库	除一类高层公共建筑外的其他高层公共建筑	1. 建筑高度大于 24m 的单层公共建筑； 2. 建筑高度不大于 24m 的其他公共建筑

2. 管网

（1）室内消火栓系统管网应布置成环状，当室外消火栓设计流量不大于 20L/s，且室内消火栓不超过 10 个时，除向两栋或两座及以上的建筑供水、向两种及以上水灭火系统供水和采用设有高位消防水箱的临时高压消防给水系统外，可布置成枝状。

（2）当由室外生产与生活消防合用系统直接供水时，合用系统除应满足室外消防给水设计流量以及生产和生活最大小时设计流量的要求外，还应满足室内消防给水系统的设计流量和压力要求。

（3）室内消火栓竖管管径应根据竖管最低流量经计算确定，但不应小于 *DN*100。

（4）室内消火栓环状给水管道检修时，应保证检修管道时关闭停用的竖管不超过 1 根，当竖管超过 4 根时，可关闭不相邻的 2 根，每根竖管与供水横干管相接处应设置阀门。

（5）室内消火栓给水管网宜与自动喷水等其他水灭火系统的管网分开设置，当合用消防泵时，供水管路沿水流方向应在报警阀前分开设置。

3. 消防给水设计流量

（1）室内消火栓设计流量见表 20-3。

（2）当建筑物室内设有自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统或固定消防炮灭火系统等一种或者两种以上自动水灭火系统全保护时，高层建筑当高度不超过 50m 且室内消火栓设计流量超过 20L/s 时，其室内消火栓设计流量可按表 20-3 减少 5L/s，多层建筑室内消火栓设计流量可减少 50%，但不应小于 10L/s。

（3）地铁地下车站室内消火栓设计流量不应小于 20L/s，区间隧道不应小于 10L/s。

民用建筑室内消火栓设计流量 **表 20-3**

建筑物名称		高度 h（m）、体积 V（m^3）、座位数 n（个）、火灾危险性	消火栓设计流量（L/s）	同时使用消防水枪数（支）	每根竖管最小流量（L/s）
单层及多层	科研楼、试验楼	$V \leqslant 10000$	10	2	10
		$V > 10000$	15	3	10
	车站、码头、机场的候车（船、机）楼和展览建筑（包括博物馆）等	$5000 < V \leqslant 25000$	10	2	10
		$25000 < V \leqslant 50000$	15	3	10
		$V > 50000$	20	4	15
	剧场、电影院、会堂、礼堂、体育馆等	$800 < n \leqslant 1200$	10	2	10
		$1200 < n \leqslant 5000$	15	3	10
		$5000 < n \leqslant 10000$	20	4	15
		$n > 10000$	30	6	15
	旅馆	$5000 < V \leqslant 10000$	10	2	10
		$10000 < V \leqslant 25000$	15	3	10
		$V > 25000$	20	4	15
	商店、图书馆、档案馆等	$5000 < V \leqslant 10000$	15	3	10
		$10000 < V \leqslant 25000$	25	5	15
		$V > 25000$	40	8	15
	病房楼、门诊楼等	$5000 < V \leqslant 25000$	10	2	10
		$V > 25000$	15	3	10
	办公楼、教学楼、公寓、宿舍等其他建筑	$h > 15m$ 或 $V > 10000$	15	3	10
	住宅	$12 < h \leqslant 27$	5	2	5
高层	住宅	$27 < h \leqslant 54$	10	2	10
		$h > 54$	20	4	10
	二类公共建筑	$h \leqslant 50$	20	4	10
	一类公共建筑	$h \leqslant 50$	30	6	15
		$h > 50$	40	8	15
国家级文物保护单位的重点砖木或木结构的古建筑		$V \leqslant 10000$	20	4	10
		$V > 10000$	25	5	15
地下建筑		$V \leqslant 5000$	10	2	10
		$5000 < V \leqslant 10000$	20	4	15
		$10000 < V \leqslant 25000$	30	6	15
		$V > 25000$	40	8	20

4. 高位消防水箱

（1）高层民用建筑、总建筑面积大于 1 万 m^2 且层数超过 2 层的公共建筑和其他重要建筑，必须设置高位消防水箱。

（2）临时高压消防给水系统的高位消防水箱的有效容积应满足初期火灾消防用水量的要求，并应符合以下规定：

1）一类高层公共建筑，不应小于 36m^3；但当建筑高度大于 100m 时，不应小于 50m^3；当建筑高度大于 150m 时，不应小于 100m^3；

2）多层公共建筑、二类高层公共建筑和一类高层住宅，不应小于 18m^3；当一类高层住宅建筑高度超过 100m 时，不应小于 36m^3；

3）二类高层住宅，不应小于 12m^3；

4）建筑高度大于 21m 的多层建筑，不应小于 6m^3。

（3）高位消防水箱的设置位置应高于其所服务的水灭火设施，且最低有效水位应满足水灭火设施最不利点处的静水压力，并应按下列规定确定：

1）一类高层公共建筑，不应低于 0.10MPa，但当建筑高度超过 100m 时，不应低于 0.15MPa；

2）高层住宅、二类高层公共建筑、多层公共建筑，不应低于 0.07MPa，多层住宅不宜低于 0.07MPa；

3）自动喷水灭火系统等自动水灭火系统应根据喷头灭火需要压力确定，但最小不应小于 0.10MPa。

5. 消防水泵接合器

（1）下列场所的室内消火栓给水系统应设置消防水泵接合器：

1）高层民用建筑；

2）设有消防给水的住宅、超过五层的其他多层民用建筑；

3）超过 2 层或建筑面积大于 1 万 m^2 的地下或半地下建筑（室）、室内消火栓设计流量大于 10L/s 平战结合的人防工程；

4）城市交通隧道。

（2）自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统和固定消防炮灭火系统等水灭火系统，均应设置消防水泵接合器。

6. 分区供水

（1）符合下列条件时，消防给水系统应分区供水：

1）系统工作压力大于 2.40MPa；

2）消火栓栓口处静压大于 1.0MPa；

3）自动水灭火系统报警阀处的工作压力大于 1.60MPa 或喷头处的工作压力大于 1.20MPa。

（2）分区供水形式应根据系统压力、建筑特征、经技术经济和安全可靠性等综合因素确定，可采用消防水泵并行或者串联、减压水箱和减压阀减压的形式，但当系统的工作压力大于 2.40MPa 时，应采用消防水泵串联或减压水箱分区供水形式。

（3）减压阀宜采用比例式减压阀，当超过 1.20MPa 时，宜采用先导式减压阀。

（4）减压阀后应设置安全阀，安全阀的开启压力应能满足系统安全，且不应影响系统的供水安全性。

7. 消火栓系统

（1）建筑高度不大于 27m 的多层住宅建筑设置室内湿式消火栓系统确有困难时，可

设置干式消防竖管。

（2）室内消火栓的配置应符合下列要求：

1）应采用 *DN*65 室内消火栓，并可与消防软管卷盘或轻便水龙设置在同一箱体内；

2）应配置 *DN*65 有内衬里的消防水带，长度不宜超过 25.0m；消防软管卷盘应配置内径不小于 ϕ19 的消防软管，其长度宜为 30.0m；轻便水龙应配置 *DN*25 有内衬里的消防水带，长度宜为 30.0m；

3）宜配置当量喷嘴直径 16mm 或 19mm 的消防水枪，但当消火栓设计流量为 2.5L/s 时宜配置当量喷嘴直径 11mm 或 13mm 的消防水枪；消防软管卷盘和轻便水龙应配置当量喷嘴直径 6mm 的消防水枪。

（3）设置室内消火栓的建筑，包括设备层在内的各层均应设置消火栓。

（4）消防电梯前室应设置室内消火栓，并应计入消火栓使用数量。

（5）室内消火栓栓口压力和消防水枪充实水柱，应符合下列规定：

1）消火栓栓口动压力不应大于 0.50MPa；当大于 0.70MPa 时必须设置减压装置；

2）高层建筑、厂房、库房和室内净空高度超过 8m 的民用建筑等场所，消火栓栓口动压不应小于 0.35MPa，且消防水枪充实水柱按 13m 计算；其他场所，消火栓栓口动压不应小于 0.25MPa，且消防水枪充实水柱应按 10m 计算。

室内消火栓消防给水系统见图 20-10。

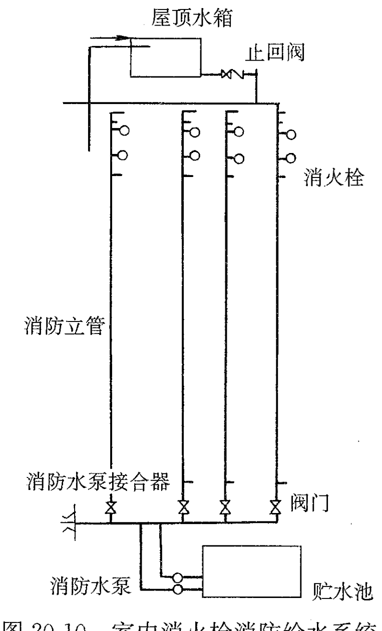


图 20-10　室内消火栓消防给水系统

8. 城市交通隧道

（1）隧道内宜设置独立的消防给水系统；

（2）管道内的消防供水压力应保证用水量达到最大时，最低压力不应小于 0.30MPa；但当消火栓栓口处的出水压力超过 0.70MPa 时，应设置减压设施；

（3）隧道内的消火栓用水量不应小于 20L/s，隧道外的消火栓用水量不应小于 30L/s；

（4）隧道出入口处应设置消防水泵接合器和室外消火栓；

（5）消火栓的间距不应大于 50m，双向通行车道或单向通行但大于 3 车道时，应双面间隔设置；

（6）隧道内允许通行危险化学品的机动车，且隧道长度超过 3000m 时，应配置水雾或泡沫消防水枪。

三、自动喷水灭火系统

一类高层公共建筑（游泳池、溜冰场除外）及其地下或半地下室、二类高层公共建筑及其地下或半地下室的公共活动用房或走道或办公室和旅馆的客房或可燃物品库房或自动扶梯底部、高层民用建筑内的歌舞娱乐放映游艺场所、建筑高度大于 100m 的住宅建筑，宜采用自动喷水灭火系统（不宜用水保护或灭火的场所除外）。

特等剧场、甲等剧场、超过 1500 个座位的其他等级的剧场、超过 2000 个座位的会堂

或礼堂、超过3000个座位的体育馆、超过5000人的体育场的室内人员休息室与器材间，宜采用自动喷水灭火系统（不宜用水保护或灭火的场所除外）。

任一层建筑面积大于1500m^{2}或总建筑面积大于3000m^{2}的展览或商店或餐饮和旅馆建筑以及医院中同样建筑规模的病房楼或门诊楼和手术部、设置送回风道（管）的集中空气调节系统且总建筑面积大于3000m^{2}的办公建筑、藏书量超过50万册的图书馆、大中型幼儿园、总建筑面积大于500m^{2}的老年人建筑、总建筑面积大于500m^{2}的地下或半地下商店、设置在地下或半地下或地上四层及以上楼层的歌舞娱乐放映游艺场所（游泳场所除外）、设置在首层或二层和三层且任一层建筑面积大于300m^{2}的地上歌舞娱乐放映游艺场所（游泳场所除外），宜采用自动喷水灭火系统（不宜用水保护或灭火的场所除外）。

（一）一般规定

（1）设有自动灭火系统的建筑物，根据火灾危险性大小，可燃物多少，以及火灾蔓延速度等划分为三级（表20-4）。

设有自动灭火系统的建筑物分级　　表20-4

分级		净空高度	设计喷水强度[L/(min·m^2)]	作用面积(m^2)
严重危险级	Ⅰ级	≤8m	12	260
	Ⅱ级		16	
中度危险级	Ⅰ级	≤8m	6	160
	Ⅱ级		8	
轻度危险级		≤8m	4	160

最不利点喷头工作压力0.05MPa。

（2）每只标准喷头保护面积及间距（表20-5）：

每只标准喷头保护面积及间距　　表20-5

分级	面积（m^2）	喷头间距（m）
严重危险级	8～5.4	2.8～2.3
中度危险级	12.5	3.6
轻度危险级	20	4.6

（3）防护冷却水幕用水量0.5L/(s·m)。

防水分隔水幕用水量2.0L/(s·m)。

（4）自动喷水灭火系统应设水泵接合器，15～40m范围内设有室外消火栓。

（5）自动喷水灭火系统采用临时高压给水系统时，应设水箱。

（二）自动喷水灭火系统

按喷头的开闭形式分为闭式自动喷水灭火系统与开式自动喷水灭火系统。常用闭式系统有：

1. 湿式喷水灭火系统（图20-11）

一般由湿式报警阀、闭式喷头、水力警铃、压力开关及供水管道组成。在水力报警阀的上下管道内经常充满压力水，在供水压力波动大时为防止误报，应安装延迟器，每层装水流指示器，支管装检验装置。

2. 干式喷水灭火系统

一般由干式报警阀、闭式喷头、水力警铃、供水管网等组成。该系统在报警阀的上部管道内不充水，但充有压力气体，适用于安装在不采暖而室内温度低于 4℃ 的建筑物内，如不采暖的寒冷地区可燃物仓库、冷藏库等发生火灾时，该系统喷头动作，首先喷出压缩惰性气体，然后干式阀打开，水流便进入管网，再从已动作的喷头中喷水灭火。

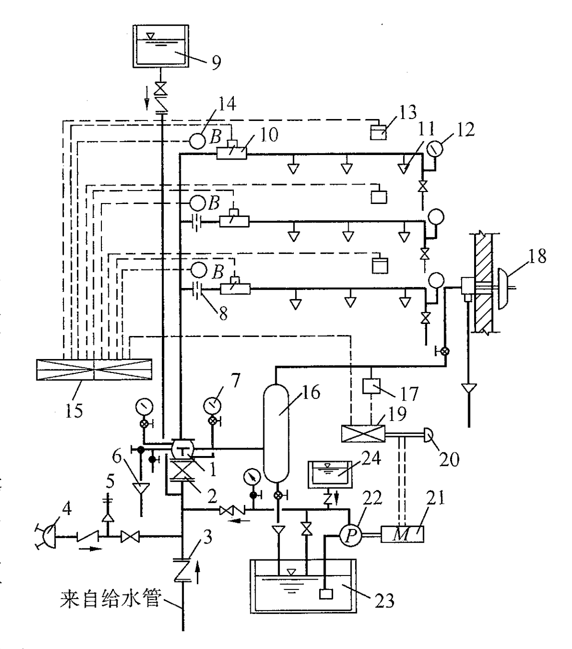


图 20-11　闭式自动喷水灭火系统示意（湿式）

1—湿式报警阀；2—闸阀；3—止回阀；4—水泵接合器；5—安全阀；6—排水漏斗；7—压力表；8—节流孔板；9—高位水箱；10—水流指示器；11—闭式喷头；12—压力表；13—感烟探测器；14—火灾报警装置；15—火灾收信机；16—延迟器；17—压力继电器；18—水力警铃；19—电气自控箱；20—按钮；21—电动机；22—水泵；23—蓄水池；24—水泵灌水箱

3. 预作用喷水灭火系统

一般由预作用阀、闭式喷头、水力警铃和火灾探测系统组成。该系统在预作用阀以后的管网中平时不充水，但充有有压或无压气体，闭式喷头和探测器按照各自的要求分别安装在整个被保护区内。预作用系统启动方式有：电动启动、自动启动、手动启动。由于探测器的热敏元件比喷头更灵敏，因此它比干式系统的启动速度快得多，系统启动后，喷头未动作以前整个系统已充满了水。

4. 雨淋喷水灭火系统

一般由雨淋阀、开式喷头、火灾探测系统、供水管道等组成。其特点是一组开式自动喷水灭火系统的开式喷头借助感温等火灾探测器接到火灾信号后通过自动控制成组作用阀一齐自动喷水灭火，不仅可扑灭着火部位的火源，还可向整个被保护的面积喷水，起防止火灾蔓延的作用。该系统适用于燃烧猛烈、火势蔓延快、要求迅速用水控火、灭火的场所。

5. 水幕系统

一般由水幕喷头、雨淋阀、管网等组成，起到隔火、阻火作用。需要采用水幕保护或防火隔断的部位，如防火卷帘、舞台口、门窗洞口、工艺流程要求不允许设防火墙等部位。水幕作为保护使用时，喷头单排布置；舞台口和面积大于 $3m^2$ 的洞口部位布置双排水幕喷头，每组水幕系统安装喷头不宜超过 72 个。

一类建筑（住宅除外）消防水箱设置高度不能满足最不利点消火栓或自动喷水灭火设备水压要求时，应设气压给水设备增压；自动喷水灭火系统增压稳压设施可设在水箱间或者地下消防泵房内；设在水箱间，系统简单，但控制系统要接到楼顶；设在地下消防泵房内，管理方便。

6. 自动喷水灭火系统动作

平时由水箱—加压稳压装置—管道—水力报警阀底部—立管—水流指示器—水平干管

—水平支管—喷头—试验装置；保持最不利点最远喷头不小于5～10m水柱。

火灾时：喷头动作—水力警铃报警—压力开关动作—启动喷淋水泵—关闭加压泵—水流不断通过水力报警阀供水—立管—水流指示器—水平干管—支管—喷头喷水灭火。

每个防火分区设水流指示器。每个湿式水力报警阀控制喷头数不超过800个喷头，同一配水支管不多于8个喷头，支管管径不小于25mm，自动喷水灭火系统设有泄水装置。

例20-8 （2010）设有自动喷水灭火系统的下列建筑中，宜设消防排水设施的是：

A 仓库　　B 宾馆　　C 住宅　　D 车间

提示： 《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084—2001（2005年版）第5.0.7A条：仓库内设有自动喷水灭火系统时，宜设消防排水设施。

答案： A

第五节　建　筑　排　水

一、室内排水系统（建筑排水系统）

（一）室内排水系统设计要求

室内排水系统设计，不仅应能使污水、废水迅速安全地排出室外，而且还应减少管道内部气压波动，使之尽量稳定，防止系统中存水弯、水封层被破坏；防止室内排水管道中有害、有毒气体进入室内。排水系统一般由下列部分组成：

（1）卫生器具或生产设备受水器；

（2）器具排水管（存水弯或水封层）；

（3）有一定坡度的横支管；

（4）立管；

（5）地下排水总干管；

（6）到室外的排水管；

（7）通气系统。

（二）室内排水系统的分类

（1）生活污水排水系统：排除粪便污水和生活废水的排水系统。

（2）雨水排水系统：排除屋面雨雪水的排水系统。

（3）工业废水排水系统：排除生产污水和生产废水的系统。

（三）一般规定

（1）建筑物内排水系统的划分，应根据污水性质、污染程度、污水量，并且结合室外排水系统体制、处理要求及有利于综合利用等要求合理确定。

（2）建筑物的使用性质对卫生标准要求较高，或生活废水量较大且环卫部门要求生活污水需经化粪池处理后才能排入城镇排水管道，或生活废水需回收利用的建筑物内，宜采用生活污水与生活废水分流的排水系统。

（3）建筑物内生活污水管道和生产污水管道应与建筑内雨水管道分开。

（4）职工食堂、营业餐厅的厨房含有大量油脂的洗涤废水应单独排放至隔油池，经隔油池处理后再排入室外排水管网。

（5）实验室有毒有害废水和用做回用水水源的生活排水，应单独排水至水处理或回收构筑物。

（6）生活废水需回收利用时与生活污水应分流排水。

（7）冲洗汽车的污水排入室外管道之前，应经过沉淀，隔油处理。

（8）工业废水若不含有机物，但含有大量泥沙物质时，应经机械处理后，再排入室外污水管道。

（9）排水支管连接在排出管或排水横干管上时，连接点距立管底部下游水平距离不得小于 1.5m。

（10）下列构筑物和设备的排水管不得与污水、废水管道系统直接连接，应采取间接排水方式：

1）水温超过 40℃的锅炉、水加热器等加热设备排水；

2）蒸发式冷却器、空气冷却器等空调设备的排水及医疗灭菌消毒设备的排水；

3）贮存食品或饮料的冷藏间、冷藏库的地面排水，冷风机融霜水盘的排水等；

4）生活饮用水的贮水箱（池）的泄水管、溢水管。

（11）间接排水口的最小空气间隙宜按表 20-6 确定：

间接排水口的最小空气间隙　　表 20-6

间接排水管管径（mm）	排水口最小空隙（mm）
≤25	50
32～50	100
＞50	150

注：饮料用贮水箱的间接排水口最小空气间隙，不得小于 150mm。

（12）卫生器具和工业废水受水器与生活污水管道或其他可能产生有害气体的排水管连接时，必须在排水口以下设存水弯。存水弯的水封深度不得小于 50mm。严禁采用活动机械密封替代水封。

（13）建筑物地面以上排水一般应采用重力流排出方式，排水管的坡度一般约 1%～2%，详见规定。

（14）公共食堂厨房污水管道直径应比计算大一号，且干管管径不小于 100mm，支管不小于 75mm。医院洗涤池、污水池排水管不小于 75mm，小便槽污水支管直径不小于 75mm。大便器排水管最小管径不得小于 100mm，浴池的泄水管管径宜采用 100mm。

（15）医院污水必须进行消毒处理。

（四）管道布置与敷设

（1）排水管道不得布置在遇水引起燃烧、爆炸的地方或会损坏原料、产品和设备的位置上面。排水管道不得穿越生活饮用水池的部位的上方。

（2）架空管道不得敷设在对生产工艺或卫生有特殊要求的生产厂房以及食品和贵重商品仓库、通风小室、电气机房和电梯机房内。

（3）排水管道不得布置在食堂、饮食业的主副食操作间、烹调间和备餐的上方，当受条件限制不能避免时，应采取防护措施。

(4) 排水立管应设在靠近最脏、杂质最多的排水点；生活污水立管不宜靠近与卧室相邻的内墙，不得穿越卧室、病房等对卫生、安静要求较高的房间。厨房间和卫生间的排水立管应分别设置。

(5) 在生活污水和工业废水排水管道上应根据建筑物层高和清通方式设置检查口、清扫口。检查口、清扫口设置位置：

1) 铸铁排水立管检查口间距不宜大于 10m，塑料排水立管宜每六层设置一个检查口，但建筑物的最底层和设有卫生器具的 2 层以上建筑的最高层，应设置检查口；当立管有水平拐弯或有乙字管时，在该层立管拐弯和乙字管的上部应设检查口；

2) 在连接两个及两个以上大便器或 3 个及 3 个以上器具的铸铁排水管上宜设清扫口；

3) 在水流转角小于 135°的污水横管上应设检查口、清扫口。

(6) 污水横管上设置清扫口，应将清扫口设在楼板或地坪上与地面平齐；污水管起点清扫口与墙垂直距离不得小于 0.2m，设堵头时与墙面不得小于 0.4m。

(7) 排水立管最低排水横支管与立管连接处距排水立管管底垂直距离不得小于表20-7的规定。

最低横支管与立管连接处至立管管底的最小垂直距离　　表 20-7

立管连接卫生器具的层数（层）	垂直距离（m）	
	仅设伸顶通气	设通气立管
≤4	0.45	按配件最小安装尺寸确定
5～6	0.75	
7～12	1.2	
13～19	3.0	0.75
≥20	3.0	1.20

(8) 排水支管连接在排出管或排水横管干管上时，连接点距立管底部的水平距离不得小于 1.5m。

(9) 排水管穿过地下室外墙，或地下构筑物的墙壁处，应设置防水套管，穿墙或基础应预留孔洞，上部净空不得小于建筑物沉降量，一般不小于 0.15m。

(10) 排水管道不得穿过沉降缝、烟道、伸缩缝，必须穿过时，应采取相应措施；管道不得穿越设备基础。

(11) 在一般的厂房内为防止管道受机械损坏，排水管最小埋设深度见表 20-8。

排水管最小埋设深度　　表 20-8

管　　材	素土夯实地面（m）	水泥、混凝土地面（m）
排水铸铁管	0.7	0.4
混凝土管	0.7	0.5
排水塑料管	1.0	0.6

(12) 排水管道外表面如可能结霜，应根据建筑物性质和使用要求采取防结露措施。

(13) 高层建筑的排水立管每隔 2～4 层设承重支座，使管道重量分散在各层，立管最低部弯头处设支墩承重支架。

（14）污水立管或排出管上的清扫口至室外检查井中心的最大长度见表 20-9。

排水管至室外检查井最大长度　　表 20-9

管　径（mm）	50	75	100	100 以上
最大长度（m）	10	12	15	20

例 20-9　(2012) 下列有关排水管敷设要求的说法中，错误的是：

A　不得穿越卧室　　　B　不得穿越餐厅

C　暗装时可穿越客厅　　　D　不宜穿越橱窗

提示：《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003（2009 版）第 4.3.3 条：建筑物内排水管道布置应符合下列要求：

1. 自卫生器具至排出管的距离应最短，管道转弯应最少；
2. 排水立管宜靠近排水量最大的排水点；
3. 排水管道不得敷设在对生产工艺或卫生有特殊要求的生产厂房内，以及食品和贵重商品仓库、通风小室、电气机房和电梯机房内；
4. 排水管道不得穿过沉降缝、伸缩缝、变形缝、烟道和风道；当排水管道必须穿过沉降缝、伸缩缝和变形缝时，应采取相应的技术措施；
5. 排水埋地管道，不得布置在可能受重物压坏处或穿越生产设备基础；
6. 排水管道不得穿越住宅客厅、餐厅，并不宜靠近与卧室相邻的内墙；
7. 排水管道不宜穿越橱窗、壁柜；
8. 塑料排水立管应避免布置在易受机械撞击处；当不能避免时，应采取保护措施；
9. 塑料排水管应避免布置在热源附近；当不能避免，并导致管道表面受热温度大于 60℃时，应采取隔热措施；塑料排水立管与家用灶具边净距不得小于 0.4m；
10. 当排水管道外表面可能结露时，应根据建筑物的性质和使用要求，采取防结露措施。

答案：C

二、通气系统

1. 通气系统的作用

（1）向排水系统补给空气，使管道内水流畅通，减少排水管道内气压变化幅度，防止卫生器具水封破坏；

（2）使室内排水管道中散发的有害气体排往室外；

（3）管道内经常有新鲜空气流通，减少管道锈蚀的危险。

2. 通气管的种类及设置场所

通气管种类：伸顶通气管、专用通气管、主通气立管、副通气立管、环形通气管、器具通气管、结合通气管。当遇特殊情况，伸顶通气管无法伸出屋面时，可设置下列通气方式：1）当设置侧墙通气时，通气管口周围 4m 以内有门窗时，通气管口应高出窗顶 0.6m 或引向无门窗一侧；2）在室内设置成汇合通气管后，应在侧墙伸出，延伸至屋面以上；3）当上述 1）、2）款无法实施时，可设置自循环通气管道系统。

设置场所：

（1）生活污水管或散发有害气体的生产污水管道均应设置伸顶通气管；

（2）生活污水立管所承担的卫生器具排水设计流量超过伸顶通气管最大排水能力时，应设通气立管或特殊配件单立管排水系统；

（3）连接4个及4个以上卫生器具并与立管的距离大于12m的污水支管，连接6个及6个以上大便器的污水横支管设环形通气管；

（4）对卫生、安静要求较高的建筑物内，生活污水管道宜设置器具通气管。排水通气管的种类、设置和连接方法见图20-12。

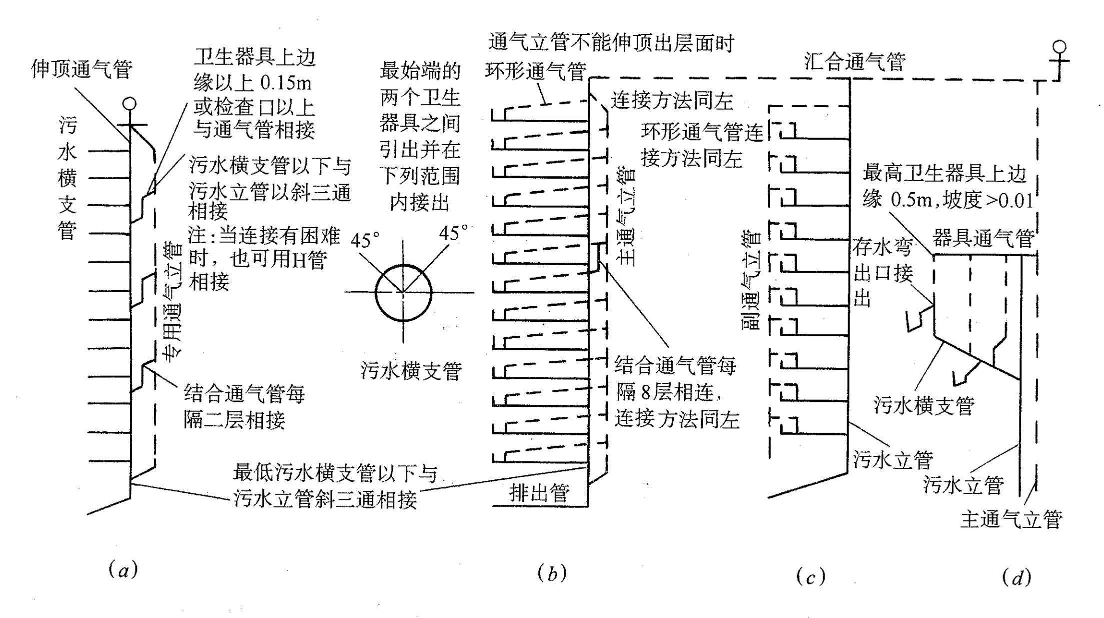


图20-12　排水通气管的种类、设置和连接方法

3. 通气立管不得接纳器具污水、废水和雨水。

4. 建筑物内各层污水管道设有环形通气管时，则应设置连接各层环形通气管的主通气立管或副通气立管。

5. 为防止排水立管内排水时的气压变化超过±250Pa，则专用通气立管每层或隔层，主通气立管不宜多于8层设置与污水立管相连接的结合通气管，以保证整个排水系统的空气循环和压力平衡。

6. 通气管顶端管口的位置：

（1）通气管高出屋面不得小于0.3m，且必须大于最大积雪厚度；屋顶有隔热层时，应从隔热层板面算起。通气管顶端应设风帽式网罩；

（2）在通气管4m范围内有门窗时，通气管口应高出窗顶0.6m或引向无门窗一侧；

（3）在经常有人停留的平屋面上，通气管口应高出屋面2m，当伸顶通气管为金属管材时，应根据防雷要求考虑设置防雷装置；

（4）通气管口不宜设在建筑物挑出部分（如屋檐檐口、阳台、雨篷等）的下面。

7. 通气管的管径应根据污水管排水能力和管长确定，但应符合表20-10的要求。

（1）通气立管长度在50m以上者，其管径应与污水立管管径同；

（2）两个及两个以上污水立管同时与一根通气立管相连时，应以最大的一根污水立管确定通气立管，其管径不宜小于其余任何一根污水立管管径；

（3）汇合通气管不宜小于通气立管管径。

通气管管径选择表 **表 20-10**

通气管名称	污水管径（mm）				
	50	75	100	125	150
器具通气管（mm）	32	—	50	50	—
环形通气管（mm）	32	40	50	50	—
通气立管（mm）	40	50	75	100	100

8. 两根或两根以上污水立管的通气管汇合（即联合通气管）连接时，汇合通气管的断面面积应为最大一根通气管的断面面积加其余通气管断面面积之和的 0.25 倍。

9. 污水立管上部的伸顶通气管管径可与污水管相同，但在最冷月平均气温低于−13℃的地区，应在室内平顶或吊顶以下 0.3m 处将管径放大一级。

10. 通气管不得与建筑物的通风管道或烟道连接。管材可采用排水铸铁管、塑料管、钢管等，但穿屋顶部分不宜采用塑料管。

11. 通气管与污水管的连接应遵守下列规定：

（1）器具通气管应设在存水弯出口端。环形通气管应在横支管上最始端的两个卫生器具间接出，并应在排水支管中心线以上与排水支管呈垂直或 45°连接。

（2）器具通气管、环形通气管应在卫生器具上边缘以上不少于 0.15m 处，按不小于 0.01 的上升坡度与通气立管连接。

（3）专用通气立管和主通气立管的上端可在最高层卫生器具上边缘以上不小于 0.15m 或检查口以上与污水立管通气部分以斜三通连接，下端应在最低污水横支管以下与污水立管以斜三通连接。

（4）结合通气管宜每层或隔层与专用通气立管、排水立管连接，与主通气立管、排水立管连接不宜多于 8 层。结合通气管下端宜在污水横支管以下与污水立管以斜三通连接，上端可在卫生器具上边缘以上不小于 0.15m 处与通气立管以斜三通连接。

12. 排水管的连接方式：

（1）卫生器具排水管与排水横支管宜采用 90°斜三通连接；

（2）排水管道的横管与横管、横管与立管的连接，宜采用 45°斜三通或 45°斜四通和顺水三通或顺水四通；

（3）排水立管与排出管端部的连接宜采用两个 45°弯头或弯曲半径不小于 4 倍管径的 90°弯头或 90°变径弯头；

（4）排水立管应避免轴线偏移，当受条件限制时，宜用乙字管或两个 45°弯头连接。

三、其他排水

1. 地下室排水

地下室水位超过地下室底板时应认真设计好外墙防渗防水，同时在外墙内侧设排水沟和专门的集水坑，用潜水泵压力排出。

地下室排水原则上应采用压力排水方式，若采用重力排水应慎之又慎，要确保任何情况下外排水都不会发生倒流。

2. 电梯井排水，地下通道（汽车库）排水，给水泵房排溢水，厕所等一般均由水泵提升排入地面排水管网。

3. 中水系统设置场所

（1）建筑面积 2 万 m^2 以上的旅馆、饭店、公寓等；

（2）建筑面积 3 万 m^2 以上的机关、科研单位、大专院校和大型文化体育等建筑；

（3）按规划应配套建设中水设施的住宅小区等。

四、屋面雨水

（一）屋面雨水排水系统分类和组成

按建筑内是否有雨水管道可分为：外排水系统、内排水系统。

1. 外排水系统

又分檐沟外排水和天沟外排水。

檐沟外排水由檐沟和水落管（立管）组成，适用于一般居住建筑，屋面面积比较小的公共建筑和单跨工业建筑。

天沟外排水系统由天沟、雨水斗和排水立管组成，一般用于低层建筑及大面积厂房，室内不允许设置雨水管道时，多采用天沟外排水。为防止沉降缝、伸缩缝处漏水，一般以建筑物伸缩缝、沉降缝、变形缝为分水线，在分水线两侧分别设置天沟，流水长度一般不宜大于 50m，坡度不宜小于 0.003，雨水流向山墙；天沟外排水应在山墙、女儿墙上或天沟末端设置溢流口。

2. 内排水系统

屋面雨水内排水系统由雨水斗、连接管、悬吊管、立管、排除管、埋地干管和检查井组成，可以分为不同的类型。

（1）根据雨水排水系统是否与大气相通，内排水系统可分为：密闭系统和敞开系统。

密闭系统：室内雨水管道系统中无开口，不会引起水患，不允许接入生产废水。室内不设置埋地雨水管道，或室内设有密闭埋地雨水管道和检查口。

敞开系统：室内设置敞开埋地雨水管和检查井或设置排水明渠。一般除排水管起端的一两个检查井外可以排入生产废水。一般用于无特殊要求的大面积厂房。

（2）根据每根立管连接的雨水斗的个数，可以分为单斗和多斗雨水排水系统。

单斗系统：一根悬吊管连接一个雨水斗。

多斗系统：一根悬吊管连接两个以上雨水斗；由于屋面降雨是均匀的，但一根悬吊管上，处于不同位置的雨水斗，在雨水斗直径和汇水面积相同的情况下泄流能力不同，一根悬吊管不宜连接多个雨水斗，一般不宜超过 2 个，最多不超过 4 个。但虹吸式雨水系统为压力流，悬吊管上接入的雨水斗数量一般不受限制。

多斗系统与单斗系统比较，一般优先采用单斗系统。

（3）按雨水管中水流的设计流态可分为：压力流雨水系统、重力半有压流雨水系统、重力无压流雨水系统。

压力流是指管道内充满雨水，主要在负压抽吸的作用下流动，设计排水能力大。采用虹吸式雨水斗，也称为虹吸式雨水排水系统。适用于工业厂房、公共建筑的大型屋面雨水排水。

重力半有压流是指雨水管道内为气水混合，设计流态介于无压流和有压流之间的过渡状态。

重力无压流是指雨水通过自由堰流入管道，在重力作用下附壁流动，管道内压力正常。檐沟外排水宜采用重力无压流系统。

（二）雨水排水系统设计要点

1. 雨水量计算

设计雨水流量应按下式计算：

$$q_y=\frac{q_j \psi F_w}{10000}$$

式中 q_y——设计雨水流量，L/s；

q_j——设计降雨强度，L/s·hm²；

ψ——径流系数，建筑屋面可采用 ψ=0.9；

F_w——汇水面积，m²。

注：当采用天沟集水且沟檐溢水会流入室内时，设计暴雨强度应乘以 1.5 的系数。

设计暴雨强度应按当地或相邻地区的暴雨强度公式经计算确定。屋面雨水排水管道系统一般取设计降雨历时按 5min 计算的设计暴雨强度。

设计重现期根据建筑物的重要程度、汇水区域的性质、地形特点、气象特点等因素确定。各种汇水区域的设计重现期不宜小于表 20-11 中的数值。

各种汇水区域的设计重现期　　表 20-11

汇水区域名称		设计重现期（a）
室外场地	小区	1～3
	车站、码头、机场的基地	2～5
	下沉式广场、地下车库坡道出入口	5～50
屋　面	一般性建筑物屋面	2～5
	重要公共建筑屋面	≥10

汇水面积按屋面的水平投影面积计算，而不是屋顶的实际面积计算。对于高出屋面的侧墙，应将其垂直面积的 1/2 计入汇水面积。

2. 雨水斗

布置雨水斗，应以伸缩缝或沉降缝作为排水分水线，在该缝两侧各设置一个雨水斗。雨水斗的间距应按计算确定，虹吸式雨水斗应设置在天沟或檐沟内。雨水斗的安装，要求连接处密封、不漏水，与屋面的连接处必须作好防水处理。当屋面雨水管道按满管压力流排水设计时，同一系统的雨水斗宜在同一水平面上。

雨水斗的设计排水负荷应根据各种雨水斗特性，并结合屋面排水条件等情况设计确定（表 20-12）。

屋面雨水斗的最大泄流量（L/s）　　表 20-12

雨水斗规格（mm）		50	75	100	125	150
重力流排水系统	重力流雨水斗	—	5.6	10.0	—	23.0
	87 型雨水斗	—	8.0	12.0	—	26.0
压力流排水系统	虹吸式雨水斗	6.0～18.0	12.0～32.0	25.0～70.0	60.0～120.0	100.0～140.0

注：满管压力流雨水斗应根据不同型号的具体产品确定其最大泄流量。

3. 雨水排水管道设计要求

连接管应牢固地固定在建筑物承重结构上，管径一般与雨水斗出水口相同，但不宜小

于 100mm。

悬吊管一般沿梁或屋架下弦布置，管径不得小于雨水斗连接管管径。重力流雨水系统的悬吊管管道坡度一般不小于 0.005。压力流雨水系统的悬吊管，原则上不需要设坡度，但由于大部分时间悬吊管内可能处于非满流状态，宜设置不小于 0.003 的坡度以便管道排空。满管压力流屋面雨水排水系统的悬吊管中心线与雨水斗出口的高差宜大于 1.0m。

悬吊管不得设置在精密机械设备和遇水会产生危害的产品及原料的上空，否则应采取预防措施。

立管不得设置在居住房间内，立管的管径不得小于与其连接的悬吊管管径。

雨水排出管设计时，要留有一定的余地。有埋地排出管的屋面雨水排出管系，立管底部宜设检查口。埋地管不得穿越设备基础及其他地下构筑物。

下沉式广场地面排水、地下车库出入口的明沟排水，应设置雨水集水池和排水泵提升排至室外雨水检查井。

第六节　建筑节水基本知识

随着我国经济迅速发展和人民生活水平不断提高，城市用水的供需矛盾日益突出，成为我国经济发展的重要制约因素，因此，水资源保护、节约用水已经纳入各级政府（特别是缺水地区）的日常工作。

城市节约用水工作包括：水资源合理调度、节约用水管理、工业企业节水技术和建筑节水等若干内容，本节主要讲解与建筑节水有关的内容。

建筑节水内容包括：与建筑节水有关的法规、建筑节水设备和器具及建筑中水系统。

一、相关法规

与建筑节水有关的法规及相关内容摘要如下：

（一）《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003（2009 年版）

其中各类建筑有关的卫生器具、生活用水定额及小时用水变化系数部分。

（二）《民用建筑节水设计标准》GB 50555—2010

（三）《建筑中水设计规范》GB 50336—2002

建筑中水系统设计各项设计标准、实施细则等。

（四）《生活饮用水卫生标准》GB 5749

（五）《城市污水再生利用　城市杂用水水质》GB/T 18920

包括厕所冲洗水、绿化用水、洗车、卫生扫除用水的水质标准。

（六）《城市污水回用设计规范》CECS 61—94

包括再生冷却水回用水、市区景观河道回用水的水质标准。

二、建筑节水设备和器具

建筑节水设备和器具是实施建筑节水的重要手段，节水器具和设备是指具有显著节水（节能）功能的用水器具和设备。

（一）建筑节水方法

建筑节水主要的节水方法和用水器具、设备：

（1）限定水量，采用限量水表实现；

(2) 限定（水箱、水池）水位或水位适时传感、显示，采用水位自动控制装置、水位报警器实现；

(3) 防漏，采用低位水箱的各类防漏阀、各类防漏填料等实现；

(4) 限制水流量或减压，采用各类限流、节流装置、减压阀等实现；

(5) 限时，采用各类延时自闭阀等；

(6) 定时控制，采用定时冲洗装置等；

(7) 改进操作或提高操作控制的灵敏性，前者如冷热水混合器，后者如自动水龙头、电磁式淋浴节水装置；

(8) 适时调节供水水压或流量，采用水泵机组调速给水设备等实现。

（二）主要建筑节水设备和器具

1. 限量水表

限量水表是一种限定水量的节水装置，它实际上是具有水量控制功能的旋翼式水表，投入水币后按量供水，量至水止，兼具计量、限量双重功能。水币可由供水部门向用户销售或发放，以达到限量供水和节约用水的目的；这种水表为在特定条件下加强供水（节水）管理创造了条件。

2. 水位控制装置

水位控制装置是各类水箱、水池和水塔等常用的限制水位、控制流量的设备；通常将水位控制装置分为水位控制阀、水位传感控制装置两类。

(1) 水位控制阀

水位控制阀是装于水箱、水池或水塔水柜进水管口并依靠水位变化控制水流的一种特种阀门。阀门的开启、关闭借助于水面浮球上下时的自重、浮力及杠杆作用。原来常用的浮球阀由于漏水等问题已经淘汰，图 20-13 是一种新式的水位控制阀，这种水位控制阀是带有限位浮球的一种液压自闭式阀门。

(2) 水位传感控制装置

水位传感控制装置，通常由水位传感器和水泵机组的电控回路组成。水箱、水池水位变化通过传感器传递至水泵电控回路，以控制水泵的启停。水位传感器可分为电极式、浮标式和压力式几种类型。压力式传感器又可分为静压式和动压式两种。静压式传感器常设于水箱、水池和水塔的测压管路，动压式传感器则装于水泵出水管路，以获取水位或水压信号。

3. 减压阀

减压阀是一种自动降低管路工作压力的专门装置，它可以将阀前管路较高的水压减少至阀后管路所需的水平。减压阀广泛用于高层建筑、城市给水管网水压过高的区域、矿井及其他场合，以保证给水系统中各用水点获得适当的服务水压和流量。鉴于水的漏失率和浪费程度几乎同给水系统的水压大小成正比，因此减压阀具有改善系统运行工况和潜在节水作用，据统计其节水效果约为 20%。

减压阀的构造类型很多，以往常见的有薄膜式、内弹簧活塞式（图 20-14）等；减压阀的基本作用原理是靠阀内流道对水流的局部阻力降低水压，水压降的范围由连接阀瓣的薄膜或活塞两侧的进出口水压差自动调节。

4. 延时自动关闭（延时自闭）水龙头

延时自闭水龙头适用于公共建筑与公共场所，有时也可用于家庭。在公共建筑与公共

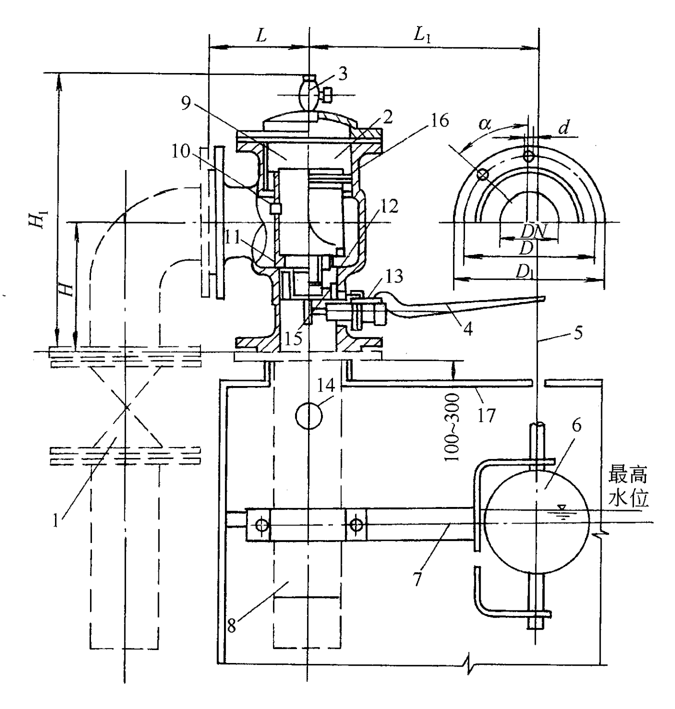


图 20-13　水位控制阀

1—闸阀；2—上空阀；3—排气阀；4—推导拉杆；5—吊绳；6—限位浮球；7—支架；8—进水管；9—活塞；10—阻尼孔；11—密封环；12—顶针；13—弹簧；14—孔眼；15—吊阀杆；16—活塞环；17—水箱体

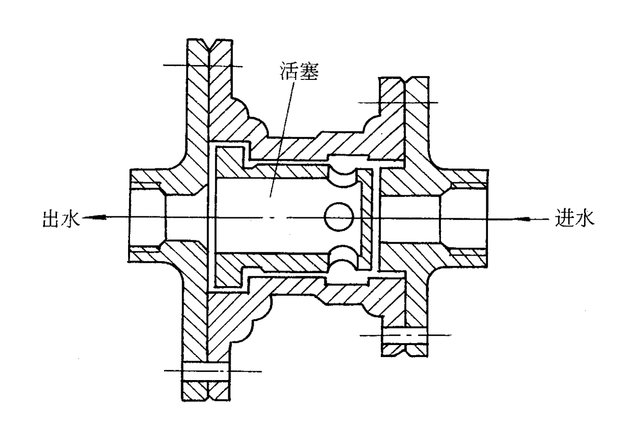


图 20-14　减压阀

场所应用延时自闭式水龙头的最大优点是可以减少水的浪费，据估计其节水效果约为 30%，但要求较大的可靠性，需加强管理。

按作用原理，延时自闭水龙头可分为水力式、光电感应式和电容感应式等类型。

5. 手压、脚踏式水龙头

手压、脚踏式水龙头的开启借助于手压、脚踏动作及相应传动等机械性作用，释手或松脚即自行关闭。使用时虽略感不便，但节水效果良好。后者尤适用于公共场所，如浴室、食堂和大型交通工具（列车、轮船、民航飞机）上。

6. 停水自动关闭（停水自闭）水龙头

在给水系统供水压力不足或不稳定引起管路停水的情况下，如果用水户未适时关闭水龙头，当管路系统再次来水时不免会使水大量流失，甚至会使水到处溢流造成损失。这种情况通常在供水不足地区和无良好用水习惯或一时疏忽的用水户中时有发生。停水自闭水龙头即是在这种条件下应运而生的，它除具有普通水龙头的用水功能外，还能在管路停水时自动关闭，以免发生上述现象。

7. 节水淋浴用具

在生活用水中，沐浴用水约占生活总用水量的15%～25%，其中淋浴用水量占相当大的比例。淋浴时因调节水温和不需水擦拭身体的时间较长，若不及时调节水量会浪费很多水。这种情况在公共浴室尤甚，不关闭阀门或因设备损坏造成“长流水”现象也屡见不鲜，节约淋浴用水的途径除加强管理外，就是推广应用淋浴节水器具。

（1）冷、热水混合器具（水温调节器）（图 20-15）

无论是单体或公用淋浴设施，目前尚缺乏性能优良的冷热水混合器具。在公共浴室通常以（冷热水）混合水箱集中供水，冷、热水由混合器混合。但冷热混合器均不能随时调节水温，因此，研制开发灵敏度高、水温可随意调节的冷热水混合器甚为必要。

（2）浴用脚踏开关（图 20-16）

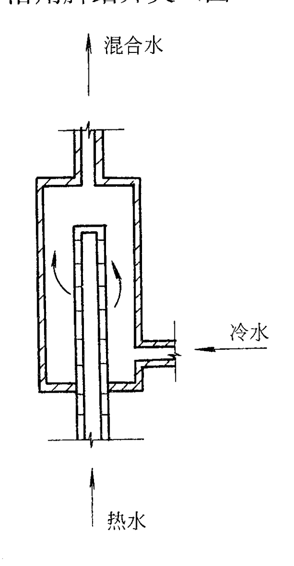


图 20-15　冷、热水混合器

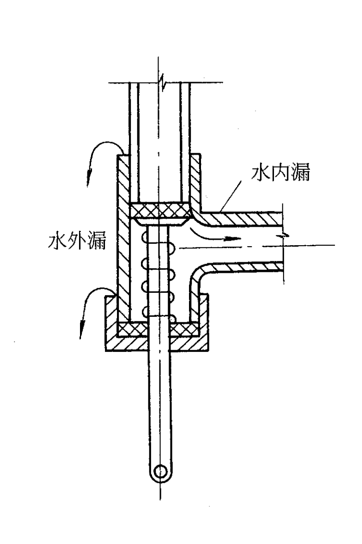


图 20-16　脚踏开关

它是各地公共浴室多年沿用的节水设施，节水效果显著，但是使用不甚方便、卫生条件差、易损坏，此外由于阀件整体性差，亦存在水的内漏和外漏问题，近年已逐渐被新的淋浴节水器具所取代。

（3）电磁式淋浴节水装置（图 20-17）

整个装置由设于喷头下方墙上（或墙体内）的控制器、电磁阀等组成。使用时只需轻按控制器开关，电磁阀即开启通水，延续一段时间后电磁阀自动关闭停水，如仍需用水，可再按控制器开关。这种淋浴节水装置克服了沿袭多年的脚踏开关的缺点，其节水效果更加显著，根据已经使用的浴池统计，其节水效率约在30%左右。考虑到浴室的环境条件，淋浴节水装置的控制器采用全密封技术，防水防

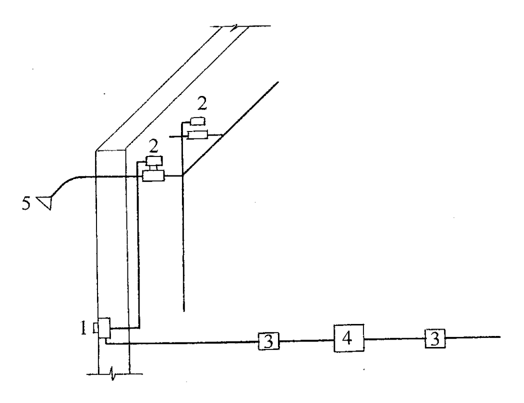


图 20-17　电磁式淋浴节水装置

1—控制器；2—电磁开关；3—闸刀开关；4—变压器；5—淋浴喷头

潮；采用感应式开关；其使用寿命不少于2万次。采用电磁式淋浴节水装置的初次投资虽略显偏高，一般情况下，由于其节水节能，可在6～12月内收回全部投资。

（4）节水喷头

改变传统淋浴喷头形式是改革淋浴用水器具的努力目标之一。图20-18是一种新型节水喷头，这种喷头由节流阀、球形接头、喷孔、裙嘴等组成。节流阀用以减小和切断水流，球形接头可改变喷头方向，喷孔可减小水流量并形成小股射流。当小股射流由周边一带小孔的圆盘流出时撞到裙嘴侧缘被破碎成小水滴并吸入空气，于是充气水“水花”从裙嘴内壁以一定斜角喷出，供淋浴用。因充气水流的表面张力较小，故可更有效地湿润皮肤。

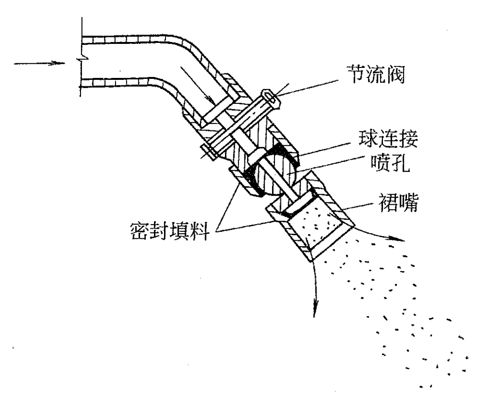


图20-18　节水喷头

三、建筑中水系统

建筑中水回用系统（即中水道）起源于日本，是将建筑内或建筑群内的生活污水进行收集和处理后供给其他用途的给水系统。这样做不仅治理了污水，而且部分缓解了用水的紧张，因此目前许多国家都积极开展中水回用技术的研究与推广。我国从20世纪80年代开始在建筑物内应用中水道技术，特别在水资源日益匮乏的今天，中水技术已经受到国家有关部门的高度重视。

（一）中水原水和中水水质标准

为了保证建筑中水使用的安全可靠，建筑中水原水目前主要为洗浴废水，其次为洗手池排水、洗衣房排水等，处理后的建筑中水主要用于冲洗厕所，此外还可用于绿化、洗车、空调系统补水、锅炉补充水、景观用水、喷洒地面、清扫用水等方面。我国于1989年10月正式颁布了《生活杂用水水质标准》CJ 25.1—89，1994年12月正式颁布了《城市污水回用的设计规范》CECS 61—94，其中规定了相关用途的中水水质标准。现有的中水处理规模从50～720m^3/d不等，其中100～300m^3/d的处理规模最多。

（二）中水处理工艺

1. 中水处理单元

中水处理单元包括：预处理、生物处理、物化处理、固液分离处理、深度处理和消毒处理。中水处理典型工艺为：

原水→预处理→生物（或物化）处理→固液分离→（深度处理）→消毒→出水

其中预处理单元有格栅、调节池、毛发聚集器、隔油池等设施；生物处理单元有接触氧化池、活性污泥池、生物转盘、生物填料塔等；物化处理单元有混凝沉淀、气浮、臭氧氧化等方法；固液分离单元有砂过滤器、纤维球过滤器、沉淀池等设备；深度处理单元可视水质情况取舍，有活性炭吸附、焦炭吸附等；消毒单元常用药剂有NaClO、液氯、O_3、ClO_2等。

2. 中水处理工艺

常用中水处理工艺有：

（1）原水→预处理单元→生物处理单元→固液分离单元→（深度处理单元）→消毒→清水池→出水

(2) 原水→预处理单元→物化处理单元→固液分离单元→（深度处理单元）→消毒→清水池→出水

(3) 原水→预处理单元→固液分离单元→（深度处理单元）→消毒→清水池→出水

习　　题

20-1　建筑物的耐火等级分为(　　)。

A　一级　　B　二级　　C　三级　　D　四级

20-2　民用建筑物的地下室、半地下室应采用防火墙，分隔成面积不超过(　　)的防火分区。

A　200m^2　　B　500m^2　　C　800m^2　　D　1000m^2

20-3　室外消防给水可采用高压或临时高压给水系统或低压给水系统。如采用高压或临时高压给水系统，管道的压力应保证用水总量达到最大且水枪在任何建筑物的最高处时，水枪的充实水柱仍不小于(　　)。

A　7m　　B　10m　　C　15m　　D　20m

20-4　消火栓给水管道的设计流速不宜超过(　　)。

A　1.5m/s　　B　2m/s　　C　2.5m/s　　D　5m/s

20-5　工厂、仓库和民用建筑的室外消防用水量应按什么予以确定？(　　)

A　同一时间内的火灾次数和一次灭火用水量

B　同一时间内的火灾次数

C　一次灭火用水量

D　同一时间内的火灾次数和总的灭火用水量

20-6　室外消防给水管网应布置成环状，但在建筑初期或消防用水量不超过(　　)时可布置成枝状。

A　5L/s　　B　10L/s　　C　15L/s　　D　20L/s

20-7　高层工业建筑室内消防竖管应成环状且管道直径不应小于(　　)。

A　50mm　　B　70mm　　C　100mm　　D　150mm

20-8　关于水枪的充实水柱，下列那个论述不正确？(　　)

A　室内消火栓的布置应满足同一平面有 2 支消防水枪的 2 股充实水柱同时达到任何部位的要求，以及本规范中规定可采用 1 支消防水枪的场所，可采用 1 支消防水枪的 1 股充实水柱到达室内任何部位

B　高层建筑、厂房、库房和室内净空高度超过 8m 的民用建筑等场所，消防水枪充实水柱应按 13m 计算，其他场所的消防水枪充实水柱应按 10m 计算

C　建筑高度小于或等于 24.0m 且体积小于或等于 5000m^3 的多层仓库、建筑高度小于或等于 54m 且每单元设置一部疏散楼梯的住宅，可采用 1 支消防水枪的 1 股充实水柱到达室内任何部位

D　消火栓按 2 支消防水枪的 2 股充实水柱布置的建筑物，消火栓的布置间距不应大于 50m

20-9　温度不超过 100℃的采暖管道如通过可燃构件时，应与可燃构件保持(　　)的间距。

A　5cm 以上包括 5cm　　B　至少 7cm

C　至少 10cm　　D　至少 15cm

20-10　在不允许间断供水的建筑物内，应从室外管网不同来水管段至少设(　　)引入管。

A　一条　　B　两条　　C　三条　　D　四条

20-11　生活给水引入管与污水排出管管外壁的水平净距不应小于(　　)。

A　0.5m　　B　0.7m　　C　0.8m　　D　1m

20-12　当气压水罐内为平均压力时，水泵出水量不应小于管网最大小时流量的(　　)。

A 1倍　　B 1.2倍　　C 1.5倍　　D 2倍

20-13 给水埋地（　）管道的外壁应采取防腐蚀措施。

A 塑料　　B 钢筋混凝土　　C 金属　　D 陶土

20-14 室内给水管网阀门的选择，管径小于或等于50mm时，宜采用（　）。

A 截止阀　　B 蝶阀　　C 止回阀　　D 闸阀

20-15 水表的口径应根据（　）确定。

A 给水设计秒流量　　B 额定流量

C 给水设计最大流量　　D 用水量均匀的给水系统设计秒流量

20-16 建筑内采用高位水箱调节的生活给水系统，水泵的最大出水量不应小于（　）。

A 最大小时流量　　B 设计秒流量　　C 平均时流量　　D 最高日流量

20-17 当建筑物采用中水系统时，生活废水与生活污水应该（　）排出。

A 分流　　B 合流　　C 先分流再合流　　D 先合流再分流

20-18 排水立管与排出管端部的连接，宜采用两个45°弯头或弯曲半径不小于（　）管径的90°弯头。

A 1倍　　B 2倍　　C 3倍　　D 4倍

20-19 雨水排水立管管径有何要求？（　）

A 大于50mm　　B 不得小于100mm　　C 不得小于150mm　　D 不得小于200mm

20-20 当热水供应系统只供沐浴和盥洗用水，不供洗涤盆（池）洗涤用水时，配水点最低水温可不低于（　）。

A 30℃　　B 40℃　　C 50℃　　D 60℃

20-21 冷却塔补充水量，应考虑蒸发损失水量、风吹损失水量和排污损失水量，建筑空调的补充水量一般按冷却水循环水量的（　）确定。

A 0.5%～1.0%　　B 1.0%～1.5%　　C 1.0%～2.0%　　D 1.5%～2.5%

20-22 多台水泵共用吸水管时，吸水管连接应采用（　）。

A 管顶平接　　B 水面平接　　C 管底平接　　D 管中心线平接

20-23 水箱上的哪种管不得装阀门？（　）

A 进水管　　B 出水管　　C 泄水管　　D 溢水管

20-24 1个给水当量值指什么？（　）

A 污水盆用的一个截止阀或配水龙头在流出水压为20kPa时全开的出流量0.2L/s作为一个给水当量值

B 洗脸盆用的一个截止阀或配水龙头在流出水压为20kPa时全开的出流量0.2L/s作为一个给水当量值

C 污水盆用的一个截止阀或配水龙头在流出水压为10kPa时全开的出流量0.2L/s作为一个给水当量值

D 洗脸盆用的一个截止阀或配水龙头在流出水压为10kPa时全开的出流量0.2L/s作为一个给水当量值

20-25 化粪池的有效容积按污水在化粪池中停留时间不宜小于（　）计算。

A 24h　　B 30h　　C 35h　　D 36h

20-26 当两根或两根以上污水立管的通气管汇合连接时，汇合通气管的断面积应为最大一根通气管的断面积加其余通气管断面积之和的（　）倍。

A 0.2　　B 0.25　　C 0.3　　D 0.35

20-27 给水管出口高出用水设备溢流水位的最小空气间隙，不得小于配水出口处给水管管径的（　）倍。

A 2　　B 2.5　　C 3　　D 3.5

20-28 埋地给水管道与化粪池之间的最小水平距离是(　　)。

A 5m　　B 10m　　C 15m　　D 20m

20-29 通过地震断裂带的管道、穿越铁路或其他主要交通干线以及位于地基土为可液化土地段上的管道，应该采用(　　)。

A 钢筋混凝土管　　B 塑料管　　C 铸铁管　　D 钢管

20-30 处理后的建筑中水可以用于冲洗厕所、绿化用水、(　　)、喷洒地面等。

A 养殖用水　　B 洗衣房用水　　C 景观用水　　D 地下水补水

20-31 造成贮水池（箱）中的水被污染的原因很多，其中哪一条不会造成贮水池（箱）中的水被污染？(　　)

A 水池（箱）中加入适量消毒剂　　B 管理不当

C 非饮用水回流　　D 材料选择不当

参考答案

20-1	D	20-2	B	20-3	B	20-4	C	20-5	A	20-6	C
20-7	C	20-8	D	20-9	A	20-10	B	20-11	D	20-12	B
20-13	C	20-14	A	20-15	D	20-16	A	20-17	A	20-18	D
20-19	B	20-20	B	20-21	C	20-22	A	20-23	D	20-24	A
20-25	A	20-26	B	20-27	B	20-28	B	20-29	D	20-30	C
20-31	A										

第二十一章　暖　通　空　调

第一节　供　暖　系　统

一、集中供暖室内空气计算参数

（一）采用集中供暖的气候条件

（1）累年日平均温度稳定低于或等于5℃的日数大于或等于90天的地区，宜采用集中供暖。

（2）累年日平均温度稳定低于或等于5℃的日数为60～89天、累年日平均温度稳定低于或等于5℃的日数不足60天但稳定低于或等于8℃的日数大于或等于75天的地区，其幼儿园、养老院、中小学校、医疗机构等建筑，宜采用集中供暖。

（二）集中供暖室内空气计算参数

（1）散热器等供暖

民用建筑的主要房间，严寒、寒冷地区应采用18～24℃；夏热冬冷地区宜采用16～22℃；设置值班供暖房间不应低于5℃。

（2）辐射供暖室内设计温度宜降低2℃。

二、供暖系统分类

（一）供暖系统分类（按散热方式分）

（1）散热器供暖：自然对流为主，见图21-1。

（2）热水辐射供暖系统：辐射为主，如地面辐射供暖，见图21-2；热水吊顶（金属）辐射板辐射供暖，见图21-3。

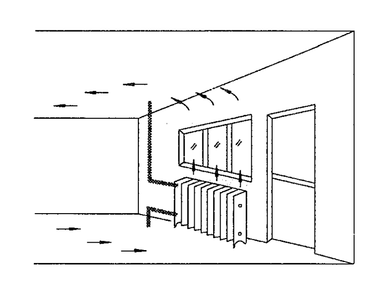


图21-1　散热器供暖

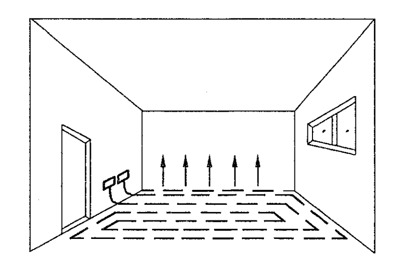


图21-2　地面辐射供暖

（3）燃气红外线辐射供暖：辐射为主。

（4）热风供暖及热空气幕：强制对流为主，如送热风，见图21-4；热风机，见图21-5；热空气幕，见图21-6。

（5）电供暖：辐射为主，有电暖气、低温加热电缆地面辐射供暖，低温电热膜辐射供暖。

（二）本节主要介绍散热设备为散热器和地面辐射的集中热水供暖系统，其他供暖系统简单介绍。集中供暖系统一般由热源、热媒输送、散热设备三个环节组成。热媒循环于三个环节中，热源将热媒加热，热媒通过热网输送到散热设备，在散热设备内散热并降温，然后再通过热网输送到热源加热，循环往复，达到供暖要求。集中供暖系统原理见图 21-7。

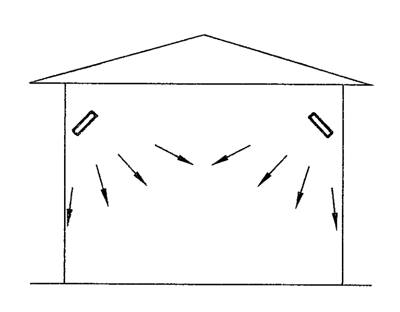


图 21-3　金属辐射板辐射供暖

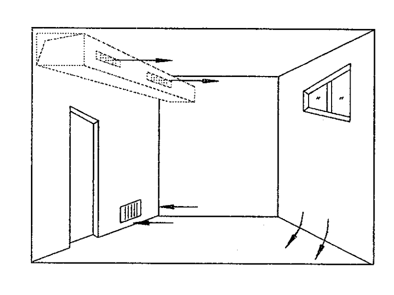


图 21-4　热风供暖

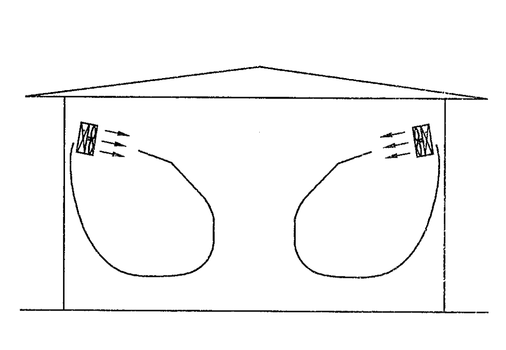


图 21-5　热风机供暖

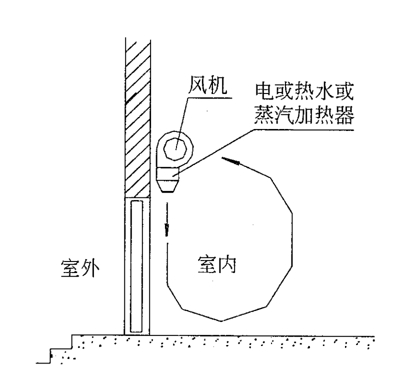


图 21-6　热空气幕供暖

三、集中供暖热源、热媒

（一）集中供暖热源

供暖热源就是供暖用热的来源，消耗的能源一般为煤、油、燃气、电等。常用集中供暖热源有：

1. 热电厂

热电厂一般在冬季以供热为主，装机容量大、热水（蒸汽）温度高、热力网管线长、供热范围广。供热水（蒸汽）温度一般为 110～130℃，甚至更高。热电厂供热水（蒸汽）一般不直接送入散热器，通过热力站换取不超过 75℃（不高于 85℃）的低温热水用来供暖。一般是对若干建筑群、生活小区、开发区等供热。

2. 区域锅炉房

较大规模的供热锅炉房，供水温度一般高于 110℃。区域锅炉房供水一般亦不直接送入散热器，通过热力站换取不超过 75℃（不高于 85℃）的低温热水用来供暖。一般是对建筑群、生活小区、开发区等供热。

3. 个体锅炉房

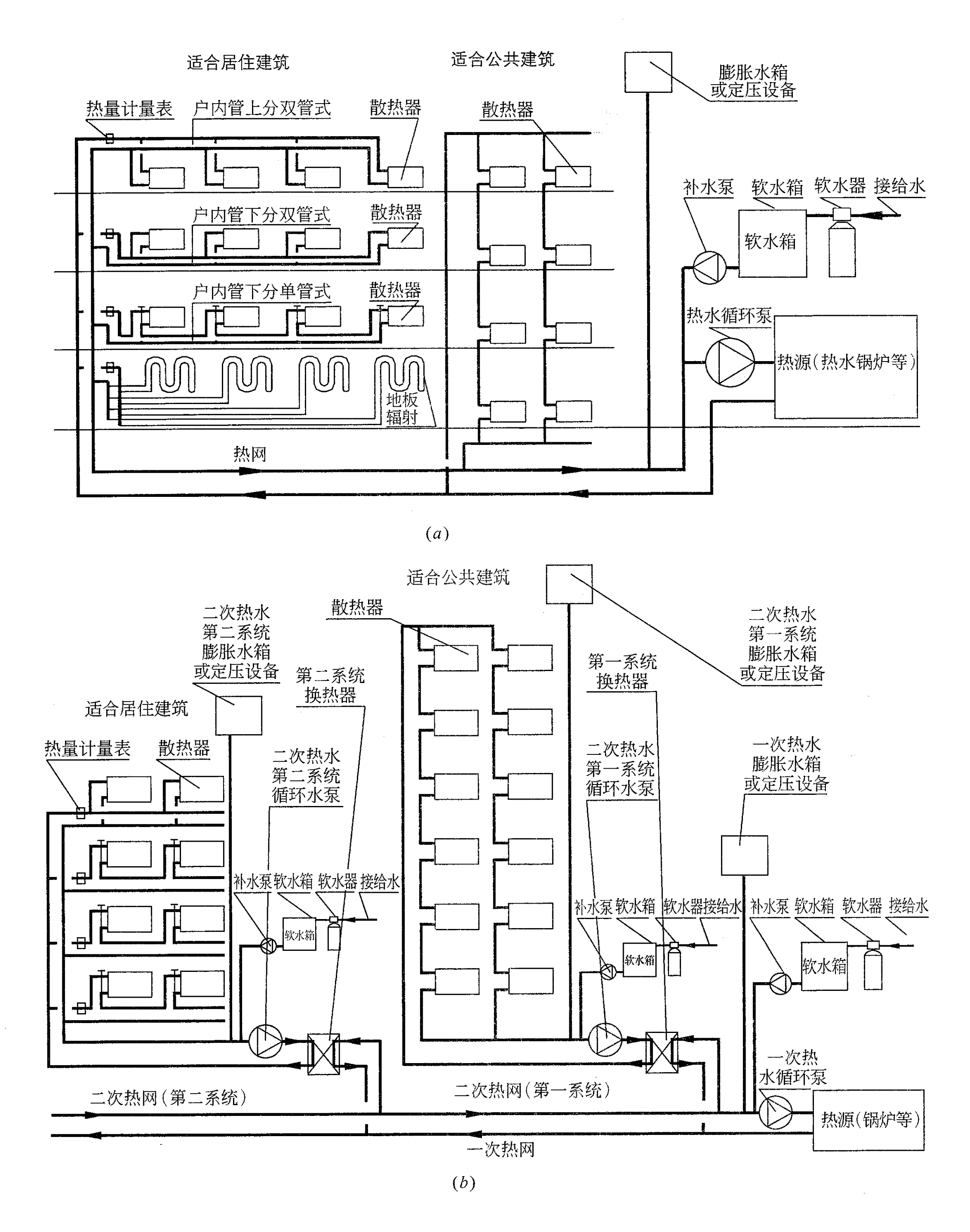


图 21-7 集中供暖系统原理图

(a) 集中供暖系统（不设换热器）原理图；(b) 集中供暖系统（设换热器）原理图

较小规模的供热锅炉房，热水直接用来供暖。热水为低温热水，一般不超过 85℃。

4. 溴化锂直燃机

燃烧油或燃气，冬季制取低温热水用来供暖（夏季可制取冷水用来空调）。

5. 风源（水源、地源）热泵型冷热水机组

冬季制取低温热水用来供暖，气温（水温、土壤温）越低，制热量越小，热水温度越低（夏季可制取冷水用来空调）。

（二）水系统的定压膨胀、补水、水处理

1. 定压膨胀

水系统要有定压，使水系统内最高点的管道和设备内充满水，没有空管；使水系统内最低点管道和设备不超压。水系统受热膨胀后体积增大，增多的这部分水要有出处，以免把水管和设备压破。

2. 补水

水系统因泄漏或检修泄水，应有补水泵等补水装置。

3. 水处理

补水应作软化、有必要时作除氧（热水温度高、锅炉容量大、蒸汽等）处理。软化是除去水中钙镁离子，防止水在管内壁结垢，影响制冷机或换热器换热效率和管道截面面积。除氧是除去水中的氧气，防止钢制管道、设备氧化腐蚀。

（三）集中供暖热媒

1. 热媒种类

(1) 热水。分为高温热水（温度＞100℃）和低温热水（温度≤100℃，一般 85℃及以下）。热电厂或区域锅炉房供水一般为高温热水，或者说一次热网热水为高温热水，一般为 110～130℃或更高。直接用来供暖的其他热源热水为低温热水，设热力站的二次热网热水 75℃（不高于 85℃）；不设热力站的个体锅炉房热水，一般不超过 85℃；直燃机和热泵式风冷冷热水机热水温度应低于 75°。地面辐射供暖水温 35～45℃，不大于 60℃，供回水温差不大于 10℃、不小于 5℃。

(2) 蒸汽。分为高压蒸汽（压力＞70kPa）和低压蒸汽（压力≤70kPa）。

2. 热媒的选择

(1) 民用建筑应采用热水作热媒。散热器供暖供/回水温度宜 75/50℃，且供水温度不宜大于 85℃，供回水温差不宜小于 20℃。

(2) 低温热水地面辐射供暖的供、回水温度宜采用 35～45℃，不应超过 60℃，供、回水温差宜小于或等于 10℃，且不宜小于 5℃。

(3) 工业建筑当以供暖为主时，宜用热水；当以工艺用蒸汽为主时，可用蒸汽。

例 21-1　(2014) 民用建筑散热器连续集中热水供暖系统的供回水温度，不宜采用下列哪组？

A　95℃/70℃　　B　85℃/60℃

C　80℃/55℃　　D　75℃/50℃

答案： A

四、集中供暖管道系统

（一）集中供暖热网

由一处热源向多处热力站或多处建筑物供热时，敷设于室外的管网叫热网。

当热电厂、区域锅炉房等热源生产的热媒为高温热水（蒸汽）时，不直接用来供暖，

而是经热力站换取低温热水再用来供暖，这时输送高温热水（蒸汽）的热网叫一次热网，输送低温热水的热网叫二次热网。一次热网和二次热网的水一般不混合、不串通，只有热量的交换和转移，是两套热力网。

其他形式的热源生产的热媒直接用来供暖，热力网只有一套，也就没有一次、二次之分，直呼热力网。

热力网的敷设有地沟、直埋、架空三种方式。

（二）集中供暖系统

1. 按供、回水干管位置分

（1）上供下回供暖系统。供水干管在建筑物上部，回水干管在建筑物下部，分上供下回单管供暖系统，见图 21-8，适用于不设分户热计量的多层和高层建筑；上供下回双管供暖系统，见图 21-9，适用于不设分户热计量的多层建筑。

（2）下供下回供暖系统。供、回水干管均在建筑物下部，只有双管系统，见图21-10，适用于不设分户热计量的多层建筑。

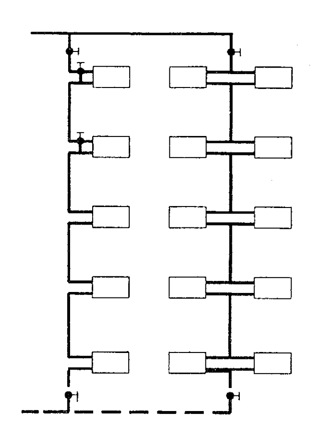


图 21-8　上供下回单管供暖系统

2. 按供回水管与散热器连接方式分

（1）单管供暖系统。串联连接，分垂直单管，见图 21-8；水平单管见图 21-11。热水供暖系统宜采用垂直单管系统，尤其是四层以上。合理时可采用水平单管。

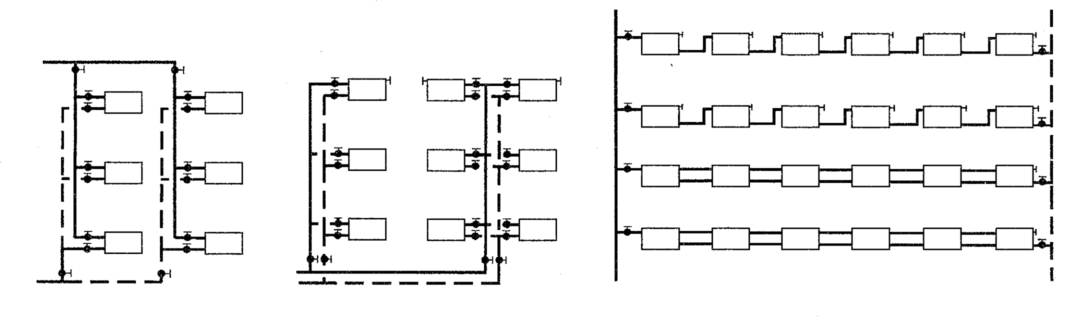


图 21-9　上供下回双管供暖系统　　图 21-10　下供下回双管供暖系统　　图 21-11　水平单管供暖系统

（2）双管供暖系统。并联连接，分垂直双管，见图 21-9，适用于不设分户热计量的多层建筑，蒸汽供暖宜采用垂直双管；水平双管，见图 21-12，适用于不设分户热计量的多层和高层建筑。

（3）单、双管供暖系统。有串联，有并联。一般采用垂直式，见图 21-13，适用于不设分户热计量的高层建筑。

（4）共用干管为垂直双管，每层支管为水平双管，见图 21-14、图 21-15；适用于设分户热计量的多层和高层居住建筑。

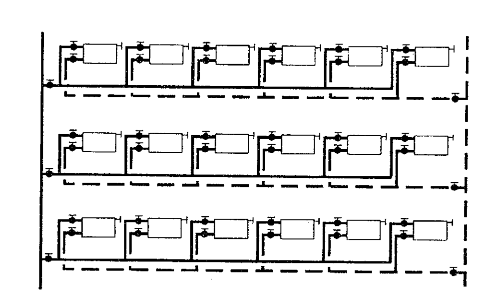


图 21-12　水平双管供暖系统

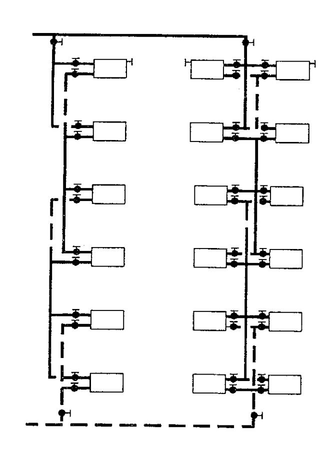


图 21-13　垂直单、双管供暖系统

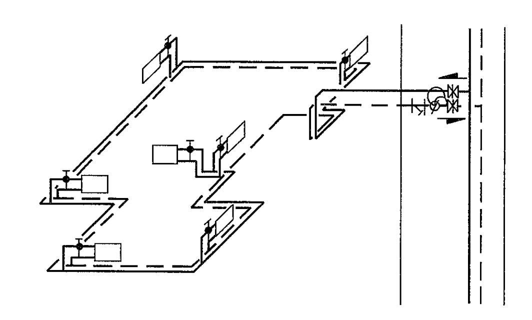


图 21-14　分户独立循环暗装水平双管系统

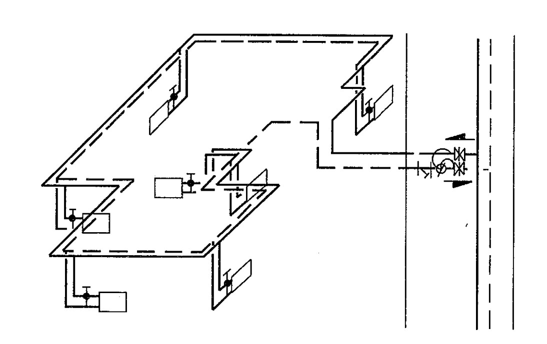


图 21-15　分户独立循环明装水平双管系统

3. 按各环路总长度分

（1）同程式。从热入口开始到热出口结束，通过各立管总长度都相同，见图 21-16。管道用量大，各立管容易平衡。

（2）异程式。从热入口开始到热出口结束，通过各立管总长度不相同，见图 21-17。管道用量小，各立管不易平衡。

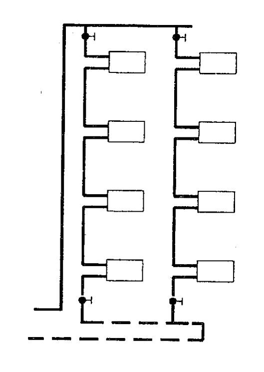


图 21-16　同程式供暖系统

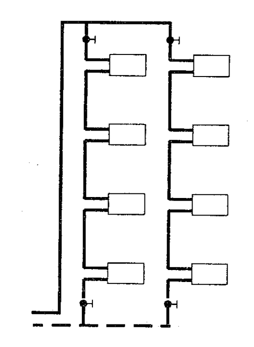


图 21-17　异程式供暖系统

4. 按热媒种类分

（1）热水供暖系统。以热水为热媒。

（2）蒸汽供暖系统。以蒸汽为热媒，又分高压蒸汽和低压蒸汽两种。工业建筑有时采用。

5. 按热媒输送动力分

（1）重力循环供暖系统。又称自然循环供暖系统，以供回水容重差作动力，一般不作为集中供暖用，如土暖气。

（2）机械循环供暖系统。以水泵作动力，集中供暖最常用。

（三）热水集中供暖分户热计量

（1）新建住宅热水集中供暖系统，应设置分户热计量和室温控制装置。对建筑内的公共用房和公用空间，应单独设置供暖系统和热计量装置。

（2）在确定分户计量供暖系统的户内供暖设备容量、计算户内管道时，应计入向邻户传热引起的附加，但所附加的热量不应统计在供暖系统的总热负荷内。

（3）分户热计量热水集中供暖系统，应在建筑物热力入口处设置热量表、压差或流量调节装置、除污器或过滤器等。

（4）当热水集中供暖系统分户热计量装置采用热量表时，应符合下列要求：

1）应采用共用立管的分户独立系统形式；

2）户用热量表的流量传感器宜安装在回水管上，热量表前应设置过滤器；

3）户内系统宜采用埋地双管式（图 21-14）、架空双管式（图 21-15）；

4）系统的共用立管和入户装置，宜设于管道间内。管道间宜设于户外公共空间。

五、集中供暖散热设备

（一）散热器

1. 散热器的选择

（1）湿度较大的房间应采用耐腐蚀的散热器。

（2）用钢制散热器时，应采用闭式系统，并满足产品对水质的要求，在非供暖季节充水保养。

2. 散热器的布置

（1）散热器宜安装在外墙窗台下，当安装或布置管道有困难时，也可靠内墙安装；

（2）两道外门之间的门斗内，不应设置散热器；

（3）楼梯间的散热器，宜分配在底层或按一定比例分配在下部各层；

（4）幼儿园、老年人、特殊功能要求的建筑中的散热器必须暗装或加防护罩；

（5）散热器外表面应刷非金属涂料。

（6）有冻结危险的场所，散热器的立、支管应单独设置。

例 21-2 （2007） 散热器的选择，以下哪种说法是错误的？

A　散热器的工作压力应满足系统的工作压力

B　相对湿度较大的空间应采用耐腐蚀的散热器

C　蒸汽采暖系统应采用钢制柱型、板型等散热器

D　采用钢制散热器时应采用闭式采暖系统

提示： 蒸汽介质容易加速钢制散热器的腐蚀，故蒸汽采暖系统不应采用钢制散热器。

答案： C

（二）热水地面辐射供暖

（1）低温热水地面辐射供暖的热负荷应计算确定。全面辐射供暖的热负荷，将室内计算温度取值降低 2℃。

（2）低温热水地面辐射的有效散热量应计算确定，并应计算室内设备、家具及地面覆盖物等对有效散热量的折减。

（3）低温热水地面辐射供暖系统敷设加热管的覆盖层厚度不宜小于 50mm。覆盖层应设伸缩缝，伸缩缝的位置、距离及宽度，应会同有关专业计算确定。加热管穿过加热缝时，宜设长度不小于 100mm 的柔性套管。

（4）地面辐射供暖加热管的材质和壁厚的选择，应按工程要求的使用寿命、累计使用时间以及系统的运行水温、工作压力等条件确定。

六、其他供暖系统形式

（一）热风供暖及热风幕

（1）符合下列条件之一时，应采用热风供暖：

1）能与机械送风系统合并时；

2）利用循环空气供暖技术、经济合理时；

3）由于防火、防爆和卫生要求，必须采用全新风的热风供暖时。

（2）符合下列条件之一时，宜设置热空气幕：

1）位于严寒地区、寒冷地区的公共建筑和工业建筑，对经常开启的外门，且不设门斗和前室时；

2）位于严寒地区、寒冷地区及其以外的公共建筑和工业建筑，当生产或使用要求不允许降低室内温度时，或经技术经济比较设置热空气幕合理时。

（3）热空气幕的送风温度，应根据计算确定。对于公共建筑和工业建筑的外门，不宜高于 50℃；对高大的外门，不应高于 70℃。

（4）热空气幕的出口风速，应通过计算确定。对于公共建筑的外门，不宜大于 6m/s；对于工业建筑的外门，不宜大于 25m/s。

（二）燃气红外线辐射供暖

（1）采用燃气红外线辐射供暖时，必须采取相应的防火、防爆和通风等安全措施。

（2）燃气红外线辐射器的安装高度，应根据人体舒适度确定，但不应低于 3m。

（3）允许由室内供应空气的厂房或房间，应能保证燃烧器所需要的空气量。当燃烧器所需要的空气量超过该房间的换气次数 0.5 次/h 时，应由室外供应空气。

（三）电供暖

（1）低温加热电缆辐射供暖和低温电热膜辐射供暖的加热元件及其表面工作温度，应符合国家现行有关产品标准规定的安全要求。

（2）根据不同使用条件，电供暖系统应设置不同类型的温控装置。绝热层、龙骨等配件的选用及系统的使用环境，应满足建筑防火要求。

七、集中供暖系统应注意的问题

（1）高层建筑风压、热压综合影响大，使得门、窗冷风渗透量大，注意门、窗密封。

（2）供暖水系统中注意集气、排气、泄水，水平管合理设坡度，高点排气、低点泄水。坡度一般为 0.3%。

（3）暖气罩装修时要注意空气对流。要上部、下部均开对流孔。

（4）整个供暖水系统设一处定压膨胀装置（膨胀水箱或定压罐或定压泵），并使系统最高点有一定压力。一次热网和二次热网是不同的水系统，分别设定压系统。

（5）被楼梯、扶梯、跑马廊等贯通的空间，形成了烟囱效应，热气流易飘向高处，散热器应在底层多设。

（6）蒸汽供暖几个问题：蒸汽温度高，一般高于100℃，有机灰尘剧烈升华，卫生不好；蒸汽温度基本不能调节，室内温度过高时，只有停止供汽，室内温度波动大（间歇供暖）；不供汽时系统充满空气，管道易腐蚀。

（7）供暖管道必须计算其热膨胀。当利用管段的自然补偿不能满足要求时应设置补偿器。

（8）当供暖管道必须穿过防火墙时，在管道穿过处应采取固定和防火封堵措施，并使管道可向墙的两侧伸缩。

（9）蒸汽供暖系统不应采用钢制柱形、板形、扁管等散热器。

（10）多层和高层建筑热水供暖系统中，每根立管和分支管的始末段应设置调节、检修和泄水用的阀门。

（11）热水和蒸汽供暖系统，都要设放气装置。热水系统放气在上部，蒸汽系统放气在下部。

（12）热水地面辐射供暖地面与室外空气直接接触，不供暖房间必须设绝热层；与土壤接触的底层应设绝热层和防潮层，其余地面宜设绝热层。

（13）设置全面供暖的建筑物，其围护结构的传热阻，应根据技术经济比较确定，且应符合国家现行有关节能标准的规定。规定最小传热阻是为了节能和保持围护结构内表面有一定温度，以防止结露和冷辐射。

（14）设置全面供暖的建筑物，在满足采光要求的前提下，其开窗面积应尽量减小。

（15）与相邻房间的温差大于等于5℃时，应计算通过隔墙或楼板等的供暖传热量。与相邻房间温差小于5℃，但传热量大于该房间热负荷的10%时，应计算供暖传热量。

（16）热水供暖和蒸汽供暖均应及时排除系统中的空气。

（17）相同规模的铸铁散热器，试验数据证明：每组散热器片数越多，每片散热量越少。

（18）垂直单管无跨越管热水供暖系统无法做到分户计量和室温调节。

（19）解决供暖管由于热胀冷缩产生的变形，最简单的办法是利用管自身的弯曲。

（20）供暖房间的供暖管道不应保温。

（21）供暖管道设坡度主要是为了便于排气。

（22）热力管道输送的热量大小取决于供回水温差和流量的乘积。

（23）户式燃气供暖炉应采用全封闭式燃烧、平衡式强制排烟型。

第二节　通　风　系　统

通风一般有两个目的：一是稀释通风，用新鲜空气把房间内有害气体浓度稀释到允许浓度以下；二是冷却通风，用室外空气把房间内多余热量排走。

一、自然通风

(1) 厨房、浴室、厕所等的垂直排风管道，应采取防止回流措施或在支管上设置防火阀，见图 21-18。

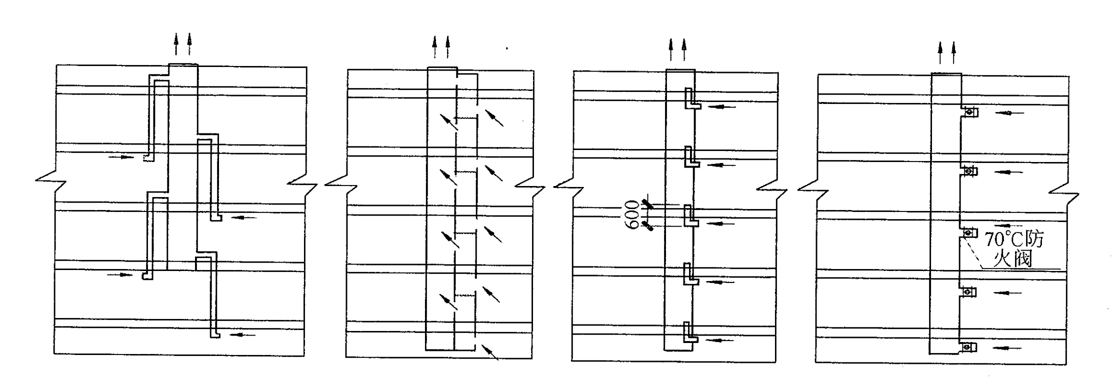


图 21-18 直排风管道防火要求

(2) 自然通风靠风压、热压、风压热压综合作用三种情况。无散热量的房间，以风压为主。放散热量的厂房应仅考虑热压作用。

(3) 利用穿堂风进行自然通风的建筑，其迎风面与夏季最多风向宜成 60°～90°角，且不应小于 45°。同时应考虑可利用的春秋季风向以充分利用自然通风。

(4) 采用自然通风生活、工作房间通风开口有效面积不应小于该房间地板面积的 5%，厨房不小于 10%，并不得小于 0.60m^2。

夏季自然通风用的进风口，其下缘距室内地面的高度不宜大于 1.2m，并应远离污染源 3m 以上；冬季自然通风用的进风口，当其下缘距室内地面高度小于 4m 时，宜采取防止冷风吹向人员活动区的措施。

例 21-3 (2011) 车间采用自然通风方式消除余热时，通风量的计算应考虑：

A 风压作用　　B 热压作用

C 风压、热压综合作用　　D 室内外空气温度差

提示： 自然通风消除余热时仅考虑热压作用。

答案： B

二、机械通风

(1) 室内通风或空调时维持正压或负压条件：产生有害气体或烟尘的房间宜负压，如卫生间、厨房、实验室等；保持室内洁净度宜正压，如空调房间、洁净房间。

(2) 可能突然放散大量有害气体或有爆炸危险气体的生产厂房设事故排风。事故排风量应按全部容积每小时 8 次换气。事故排风的室外排风口，应高出 20m 范围内最高建筑物屋面 3m 以上；离送风系统进风口小于 20m 时，应高出进风口 6m 以上。

(3) 中、大型厨房应机械通风。

(4) 机械通风时，室外进风口距室外地面不宜小于 2m，当设在绿化地带时，不宜小于 1m。

(5) 排风口宜设在上部、下风侧；进风口宜设在下部、上风侧。

(6) 凡属下列情况之一时，应单独设置排风系统：

1) 两种或两种以上的有害物质混合后能引起燃烧或爆炸时；

2) 混合后能形成毒害更大或腐蚀性的混合物、化合物时；

3) 混合后易使蒸汽凝结并聚积粉尘时；

4) 散发剧毒物质的房间和设备；

5) 建筑物内设有储存易燃易爆物质的单独房间或有防火防爆要求的单独房间。

(7) 同时放散有害物质、余热、余湿时，全面通风时应按其中所需最大的空气量确定。

(8) 事故通风的通风机，应分别在室内外便于操作的地点设置电器开关。

(9) 净化有爆炸危险的粉尘和碎屑的除尘器，过滤器及管道等，均应设置泄爆装置。净化有爆炸危险的粉尘的干式除尘器和过滤器，应布置在系统的负压段上（即布置在风机之前）。

(10) 当发生事故向室内散发比空气密度大的有害气体和蒸汽时，事故排风的吸风口应接近地面处。

(11) 对于放散粉尘或密度比空气大的气体和蒸汽，而不同时散热的生产厂房，其机械通风方式应为下部地带排风，送风至上部地带。

(12) 以自然通风为主的建筑物，确定其方位时，根据主要进风面和建筑物形式，应按夏季的有利风向布置。

(13) 除尘系统的风管不宜采用水平敷设方式。

(14) 多层和高层建筑的机械送排风系统的风管横向应按防火分区设置。

(15) 输送同样的风量且风管内风速相同的情况下，风阻力由小到大的排列顺序是圆形、正方形、长方形。

(16) 民用建筑设置机械排风时，燃气表间与变配电室不应同用一个排风系统。

例 21-4 (2014) 机械进风系统的室外新风口，其下缘距室外地坪的最小高度正确的是：

A 1m　　B 1.5m　　C 2m　　D 2.5m

提示：《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736—2012 第 6.3.1 条规定：机械送风系统进风口的下缘距室外地坪不宜小于 2m。

答案： C

第三节 空 调 系 统

一、集中空调室内空气计算参数

（一）舒适性空调

1. 冬季

温度：应采用 16～24℃，一般为 20℃；

相对湿度：应采用≥30%；

风速：不应大于 0.2m/s。

2. 夏季

温度：应采用 24～28℃，一般为 26℃；

相对湿度：应采用40%～70%；

风速：不应大于0.3m/s。

（二）工艺性空调

根据工艺要求确定。

二、空调系统分类

（一）空调系统分类（按冷热源设置情况分）

1. 集中空调系统（包括半集中式）

冷热源集中设置。有人称中央空调。

2. 分散空调系统

冷热源分散设置，如窗式、分体式、柜式、多联式(也有的叫小集中式、VRV)等。

（二）本节主要介绍水冷式制冷机为冷源、锅炉或热力站或直燃机为热源的集中空调系统（包括半集中式），其他空调系统简单介绍。集中空调系统与集中供暖系统原理类似，也是由冷热源、冷热媒管道、空气处理设备（空调机、风机盘管）、送回风管道组成。集中空调系统原理图见图21-19。

三、集中空调冷热源、冷热媒

（一）集中空调冷源

1. 按制冷机类型分为压缩式和（溴化锂）吸收式

（1）压缩式制冷机。特点是用电动机或燃气发动机作动力，设备尺寸小，运行可靠；制冷剂为氟利昂或替代品，其中氟利昂对大气臭氧层有破坏作用，替代品破坏作用很小。氟利昂11、氟利昂12已禁用，氟利昂22过渡期用，替代品134a、123等可以用，环保型有407等。

1）活塞式制冷机。使用于中、小型工程，尤其是小型工程。能效比低，大于3.6。

2）螺杆式制冷机。使用于大、中型工程。能效比中，大于4.1。

3）离心式制冷机。使用于大、中型工程，尤其大型工程。能效比高，大于4.4。

（2）（溴化锂）吸收式（热力式）制冷机。特点是用油、燃气、蒸汽、热水作动力，用电很少，噪声振动小；制冷剂是水，冷却水量大。

1）直燃式（燃油、燃气）溴化锂吸收式制冷机。也可产空调热水。有可靠的燃油、燃气源，并在经济上合理时采用。冬季可用热源。

2）蒸汽式溴化锂吸收式制冷机。以蒸汽作动力。有可靠的蒸汽源时采用。

3）热水式溴化锂吸收式制冷机。以高于80℃热水作动力，效率低一些。有余热或废热时采用。

2. 按冷却介质分为水冷式和风冷式

（1）水冷式制冷机。是用水冷却制冷剂，室外空气再冷却水，要设冷却塔。冷却塔要设在室外。大、中型工程一般采用水冷式，水冷式靠蒸发把热量带入空气中。

（2）风冷式制冷机。是室外空气直接冷却制冷剂，即设冷凝器。冷凝器应设在室外或通风极好的室内。中、小型工程可采用风冷式。

3. 按功能分为单冷式和冷热式

（1）单冷式冷水机。只产冷水，如压缩式制冷机、蒸汽式溴化锂吸收式冷水机组、热水式溴化锂吸收式冷水机组。

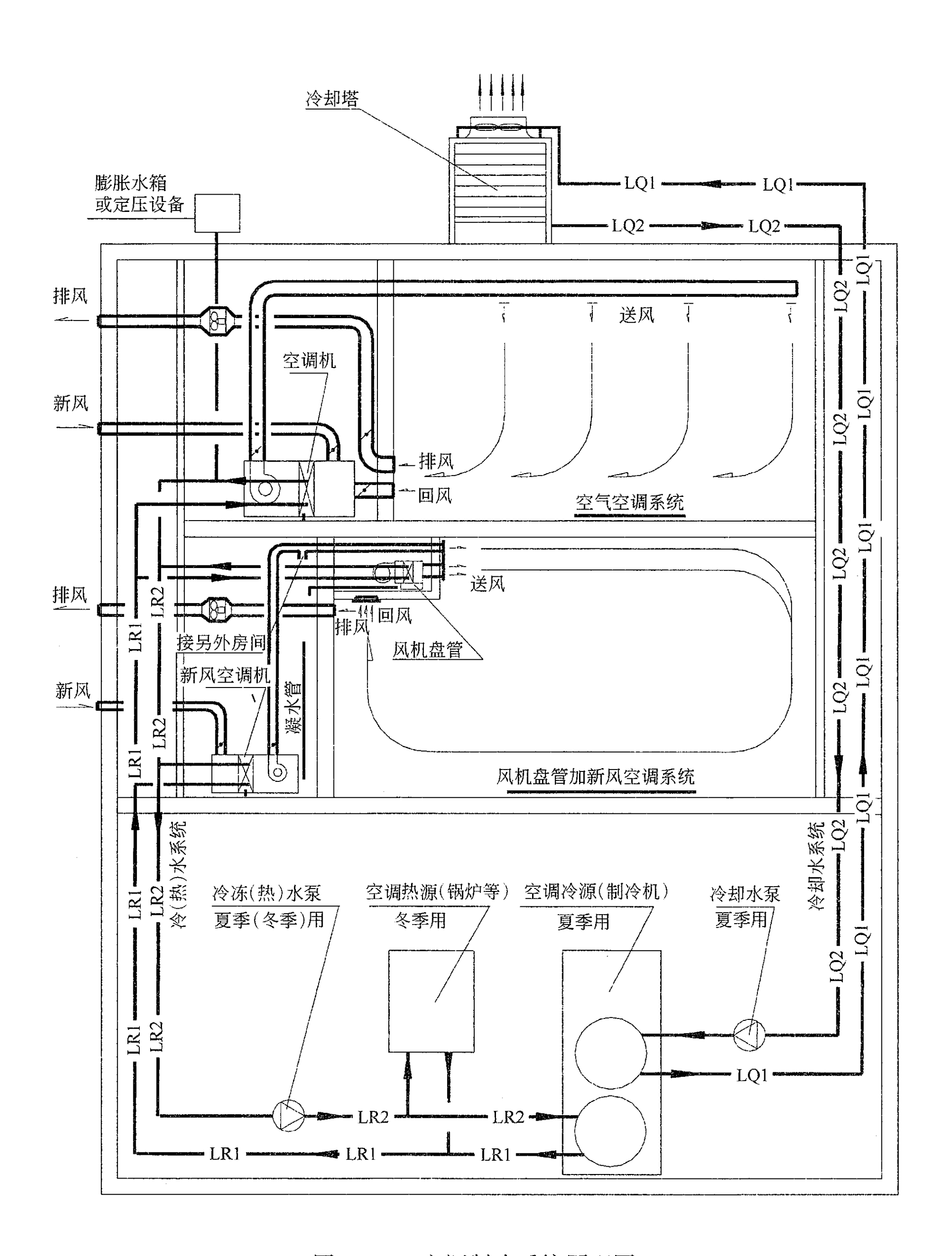


图 21-19　空调制冷系统原理图

(2) 冷热水机。产冷水也可产热水，如直燃式（燃油、燃气）溴化锂吸收式冷热水机组、热泵式冷热水机。

制冷机类型还有蒸汽喷射式、涡旋式等，空调用得较少。

4. 水冷式制冷机的冷却水系统

水冷式制冷机有冷却水系统。冷却水系统包括：冷却泵、冷却塔、冷却水管道等。同一台制冷机，冷却水泵要大于冷冻水泵。冷却塔是把室内热量散发到大气中的重要设备，放置位置要在室外并且通风好，以便于散热。

5. 中小型工程冷热源

中小型工程冷热源有单冷型、热泵型。热泵型夏季制冷，冬季制热。

（1）风（空气）源热泵

电动机或燃气发动机作动力，空气作冷热的来源，夏季把室内热量转移到室外空气中；冬季把室外空气中的热量转移到室内（室外空气温度低时效率降低，温度越低效率越低，直至机组不能运行），一般容量较小，适合于中小型工程。可以产冷热水、冷热风、制冷（热）剂。

（2）水源热泵

电作动力，地下水等常年稳定在10～15℃的表面浅层水和地面下80～150m的井水或河、湖污水作冷热源；夏季把室内热量转移到水源中，冬季把水源中的热量转移到室内。适合的温度、流量、允许使用地下水并可回灌的地区。单台容量较小，可以若干台组合。可以产冷热水、冷热媒。

（3）地（土壤、岩石）源热泵

电作动力，土壤作冷热的来源，夏季把室内热量转移到土壤中；冬季把土壤中的热量转移到室内。需要一定数量的土壤面积，适合于别墅等。可以产冷热水、冷热风。

（二）集中空调冷媒

夏季空调冷媒为冷冻水。供水温度不宜低于5℃，一般为7℃；供回水温差不应低于5℃，一般为5℃。

（三）集中空调热源

（1）锅炉。产空调热水。

（2）直燃式（燃油、燃气）溴化锂吸收式冷热水机组。冬季产空调热水。

（3）热泵冷热水机组。冬季产空调热水。气温低时效率降低。

（四）集中空调热媒

冬季空调热媒为热水。供水温度50～60℃；供回水温差10～15℃，严寒和寒冷地区不低于15℃，夏热冬冷地区不低于10℃。

（五）空调冷热源分类汇总（图21-20）。

例21-5 （2012）某建筑物周围有水量充足、水温适宜的地表水可供利用时，其空调的冷热源应优先选用以下哪种方式？

A 电动压缩式冷水机组＋燃气锅炉房　　B 电动压缩式冷水机组＋电锅炉

C 直燃型溴化锂冷（温）水机组　　D 水源热泵冷（温）水机组

提示：水源热泵制热（温）水机组是从水中提取热量，消耗能源最少。

答案：D

四、集中空调水系统

空调冷（热）源制取的冷（热）水要用管道输送到空调机或风机盘管处，输送冷（热）水的系统就是冷（热）水系统。

（一）一次泵冷（热）水系统、二次泵冷（热）水系统

1. 一次泵冷水系统

只设一级冷水循环泵，冷水流经冷（热）源和用户。一次泵冷水系统简单，投资少，见图21-21。

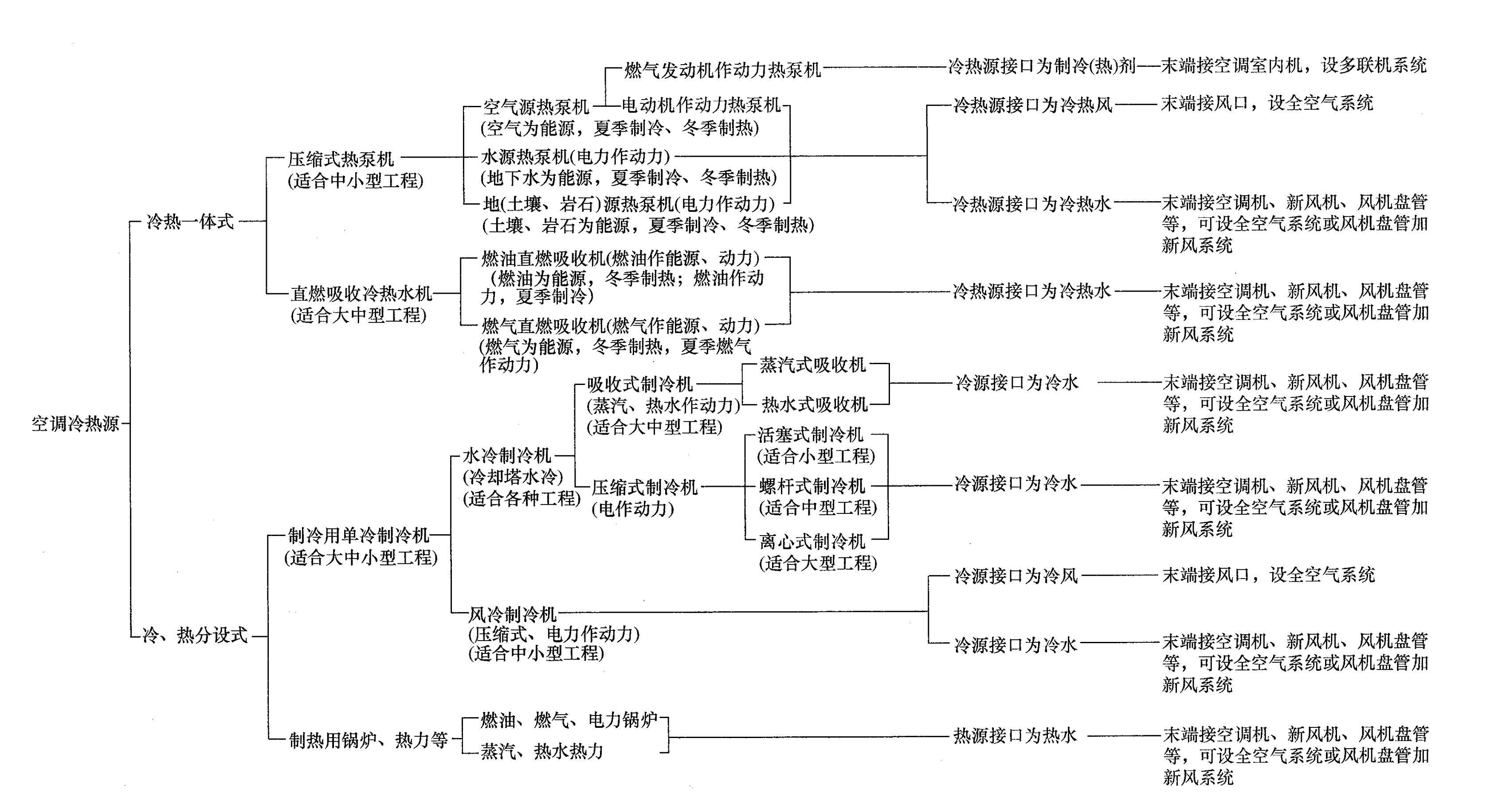


图 21-20　空调冷热源分类汇总

2. 二次泵冷水系统

系统较大或各环路阻力相差较大时，采用二次泵。

设两级冷水循环泵，第一级泵推动冷水通过冷（热）源循环，第二级泵向用户供应冷水，两级泵形成接力，第二级泵按环路阻力的不同确定扬程，以节省电能。二次泵冷（热）水系统设计合理时节省输送冷（热）水的电能，见图 21-22。

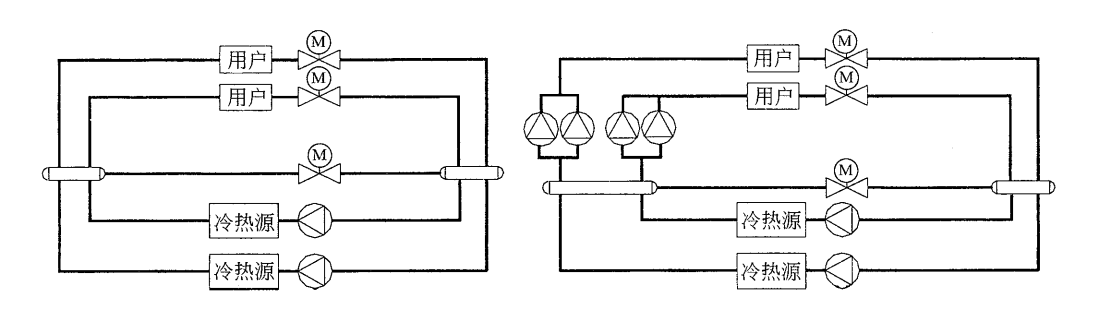


图 21-21　一次泵冷水系统　　　　图 21-22　二次泵冷水系统

（二）二管制、三管制、四管制冷（热）水系统

1. 二管制系统

冷水、热水共用一套供回水管。共三根管，一根供水管、一根回水管、一根凝水管，凝水管在低处。适用一般空调系统，见图 21-23。

2. 三管制系统

冷水供水管、热水供水管分别设置，冷水回水管和热水回水管共用，加一根凝水管共 4 根管。适用于较高档次的空调系统，见图 21-24。

3. 四管制系统

冷水供水、回水管和热水供水、回水管分别设置，加一根凝水管共 5 根管。适用于高档次的空调系统。管道较多，造价也高。见图 21-25。

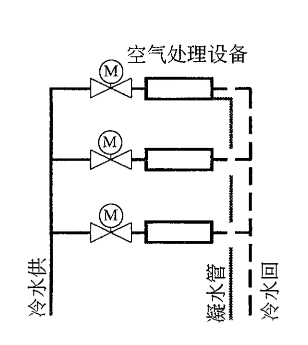


图 21-23　二管制冷水系统

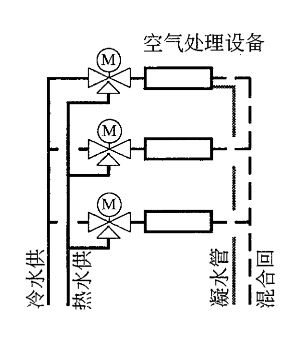


图 21-24　三管制冷水系统

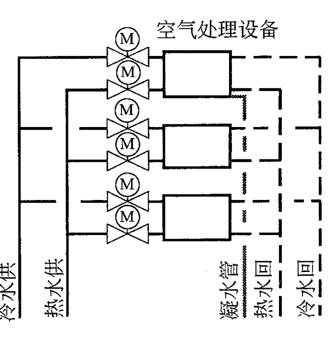


图 21-25　四管制冷水系统

（三）定流量系统、变流量系统

1. 定流量系统

流经用户管道中的流量恒定，当空气处理器需要的冷（热）量发生变化时，改变调节阀旁通水量或改变水温。空气处理器水量调节阀为三通阀或不设阀，见图 21-26。

2. 变流量系统

流经用户管道中的流量随空气处理器需要的冷（热）量而变化。空气处理器水量调节阀为二通阀，见图 21-27。

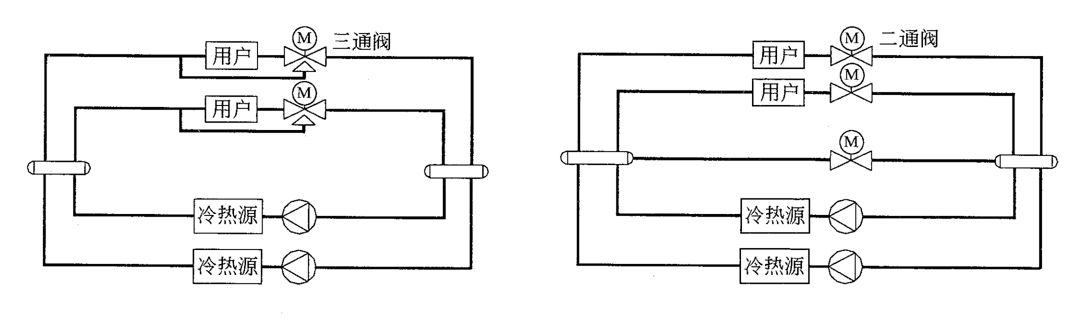


图 21-26　定流量冷水系统　　图 21-27　变流量冷水系统

（四）同程式、异程式（同采暖）

（五）空调水系统（冷热水）定压膨胀、补水、水处理

1. 定压膨胀

水系统要有定压，使水系统内最高点的管道和设备内充满水、没有空管；使水系统内最低点管道和设备不超压。水系统受热膨胀后体积增大，增多的这部分水要有出处，以免把水管和设备压破。

2. 补水

空调水系统因泄漏或检修泄水，应有补水泵等补水装置。

3. 水处理

补水应作软化，防止水在水管内壁结垢（主要是冬季），影响制冷机或换热器的传热效率和管道截面面积。

（六）空调水系统（冷热水）注意的问题

（1）供水管、回水管、凝水管均要有坡度，凝水管坡度更重要。

（2）空调水系统中压力分布：循环泵出口压力最高，沿泵出口水流方向越来越低，泵入口压力最低。

五、集中空调风系统

（一）空调系统分类

1. 按空调对象分为舒适性和工艺性空调

（1）舒适性空调。满足人体舒适要求。

（2）工艺性空调。满足设备或产品要求。

2. 按担负室内空调负荷的介质分为全空气系统、风机盘管加新风系统和全水系统

（1）全空气空调系统

室内冷（热）负荷由空气来负担，有单风道、双风道、定风量、变风量系统。恒温恒湿空调、净化空调等工艺空调一般采用全空气系统。体育馆、影剧院、商场、超高层写字楼等大空间的舒适性空调一般采用全空气系统，见图 21-19 上层。

（2）空气—水系统（也叫风机盘管加新风系统）

室内冷（热）负荷由空气和水共同负担。适合于房间较多且各房间需要单独调节温度

的建筑物，如旅馆、写字楼等。风机盘管加新风系统见图 21-19 下层。

（3）全水系统。只设风机盘管的系统，没有新风要求的场所或新风不处理的场所。一般没有人只为设备或产品降温。

（4）制冷剂系统：多联、单联分体空调。

3. 全空气空调系统按处理空气来源分

分直流式见图 21-28；循环式见图 21-29；混合式（一次回风）见图 21-30；混合式（二次回风）见图 21-31。

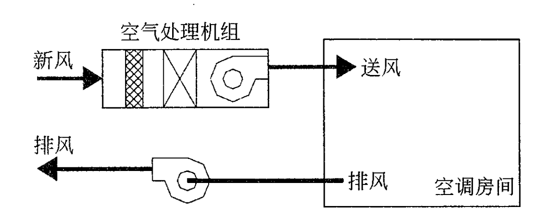


图 21-28　直流式空调系统（新风系统）

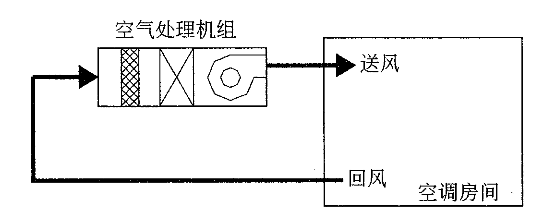


图 21-29　循环式空调系统

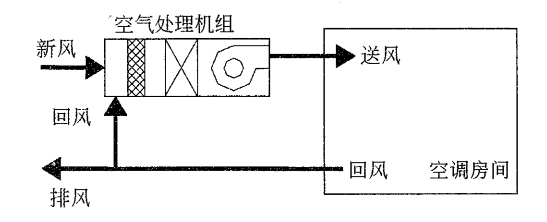


图 21-30　一次回风式空调系统

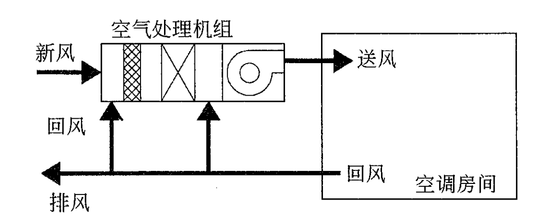


图 21-31　二次回风式空调系统

4. 按空气流量状态分

分为定流量、变流量两种。

例 21-6　（2012） 空调系统服务于多个房间且要求各空调房间独立控制温度时，下列哪个系统不适用？

A　全空气定风量空调系统　　　B　风机盘管空调系统

C　变制冷剂流量空调系统　　　D　水环热泵空调系统

提示： B、C、D 均可服务于多个房间且各空调房间独立控制温度。

答案： A

（二）气流组织形式

合理组织室内空气的流动，使室内的温度、湿度、气流速度、洁净度、有害气体浓度等更好地满足工艺要求或符合人的舒适感觉，是气流组织的任务。空调房间内要有送风、有回风（排风）。空调房间内各部位尽量有合理的气流。舒适性空调应使人员处于回流区或混合区，避免冷风直接吹向人体。

空调房间空气平衡关系：送入风量＝回风量＋排风量（包括有组织和无组织排风）

1. 上送风方式（从顶部向下送风）

（1）散流器送风。一般侧下回，也可上回。见图 21-32、图 21-33。

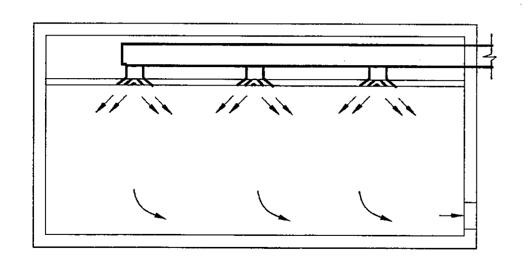


图 21-32　散流器上送风、侧下回风

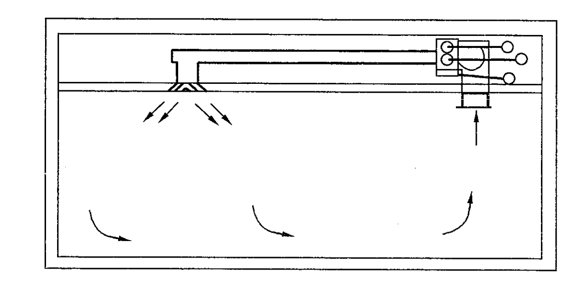


图 21-33　散流器上送风、上回风

（2）百叶风口送风。一般侧下回，可上回。见图 21-34。

（3）喷口送风、旋流风口送风一般侧下回。见图 21-35。

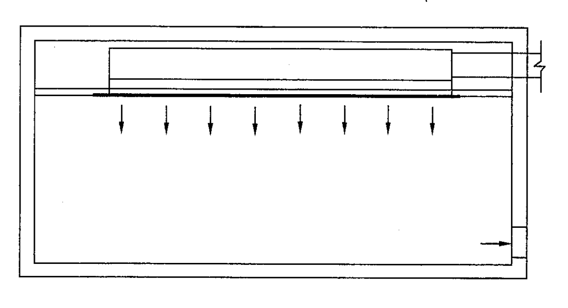


图 21-34　百叶（条形）上送风、侧下回风

图 21-35　喷口上送风、侧下回风

2. 上侧送风方式（从上部侧墙水平或上下倾斜送风）

（1）百叶风口送风。气流宜贴附，侧下回，可上回。上回时平面上要与送风口有一定距离。见图 21-36、图 21-37。

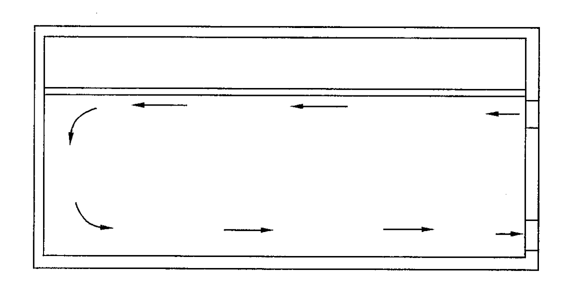


图 21-36　百叶风口上部侧送风、侧下回风

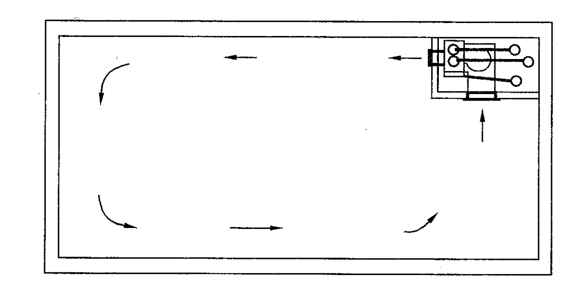


图 21-37　百叶风口上部侧送风、上回风

（2）喷口送风。适用于体育馆、礼堂、剧院等高大空间，一般侧下回或侧上回，见图 21-38、图 21-39。

3. 下送风方式（从地面向上送风）

（1）剧场、体育馆等空间大的场合，座椅下送风，一般上回，特点是送风温差小、温度场、风速场比较均匀。缺点是容易扬尘。见图 21-40。

（2）适用于电子计算机房，活动地板下送风，一般上回。见图 21-41。

（三）空气处理

（1）冷却处理。通过冷冻水或制冷剂。

（2）加热处理。通过热水或蒸汽。

（3）去湿处理。通过制冷或吸湿剂。

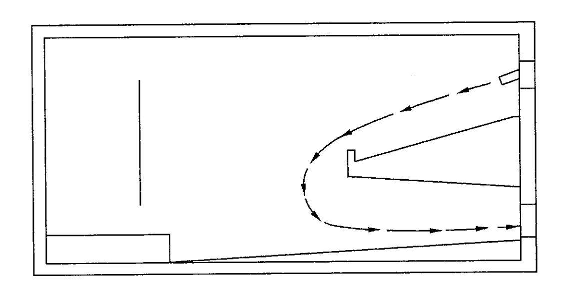


图 21-38　喷口上部侧送风、侧下回风

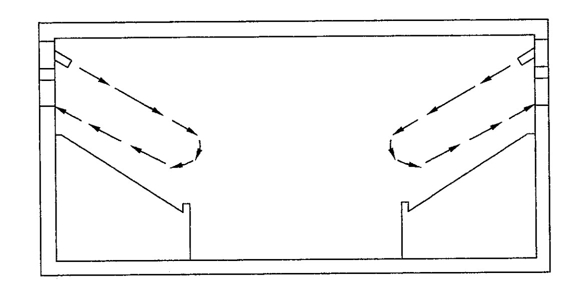


图 21-39　喷口上部侧送风、侧上回风

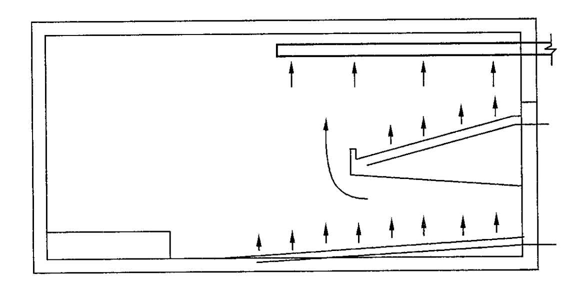


图 21-40　座椅下送风、上回风

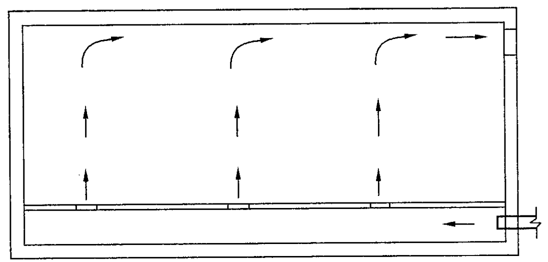


图 21-41　地板下送风、上回风

（4）加湿处理。通过喷蒸汽、喷水、湿膜、超声波等。

（5）过滤处理。通过过滤器滤掉空气中的灰尘。分初效过滤（一般空调用）、中效过滤（对空气中含尘量有要求时用）、高效过滤（净化空调用）。

（6）吸附处理。通过活性炭等吸附剂吸附空气中的有害气体（空气中存在异味、有毒、有害等气体时用）。

（四）新风量确定

（1）按人员需要的新鲜空气量、排风量和维持正压所需风量这三项中的最大值。

（2）建筑物内人员所需最小新风量，应符合以下规定：

1）民用建筑人员所需最小新风量按国家现行有关卫生标准确定。办公室、客房：最小新风量每人 $30m^3/h$。

2）工业建筑应保证每人不小于 $30m^3/h$ 的新风量。

（五）空调系统注意的问题

（1）舒适性空调每小时换气次数不宜小于 5 次。

（2）舒适性空调送风温差尽量大，但不宜大于 10℃（送风高度不大于 5m 时）。

（3）室内保持正压的空调房间，其正压值宜取 5～10Pa，不应大于 50Pa。

（4）风机盘管加新风空调系统，经处理的新风宜直接送入室内。不宜送到风机盘管的入口、出口处。

（5）空调和采暖系统膨胀（定压）水箱的膨胀管上不应设置阀门。

（6）空调水系统应设置排气和泄水装置。

（7）空调冷凝水管宜采用热水塑料管或热镀锌钢管，管道应采取防结露措施。

（8）空调冷凝水管排入污水系统时，应有空气隔断措施，冷凝水管不得与室内密闭雨水系统直接连接。

（9）空调送风口的选用：

1）在墙上向前侧送风时，距离不长时，宜采用百叶风口或条缝型风口送风；距离较长时，宜采用喷口送风。

2）在吊顶上向下送风时，宜采用圆形、方形、条缝形散流器。单位面积送风量大且人员活动区要求风速较小或温差较小时，采用孔板送风。

3）大空间建筑吊顶上向下送风时，可采用喷口、旋流风口。

（10）空调回风口的选用

一般选用百叶风口或格栅风口。

（11）空调系统过滤器的选用

1）普通空调系统可选用初效过滤器；

2）要求较高的空调系统，应增设中效过滤器；

3）净化空调系统，应再增设亚高效或高效过滤器；

4）空气应先通过初效过滤器，再通过中效过滤器，最后通过高效过滤器。高效过滤器应安装在室内送风口处。

六、集中空调系统自动控制

（一）自控的目的

满足室内的温度、湿度、洁净度、有害气体浓度、气流速度等要求；节约能源；自动保护；减少运行人员等。

（二）自控系统组成

自控系统由四个环节组成：敏感元件、调节器、执行机构、调节机构。当调节参数受到干扰时，敏感元件（如温度计）测得数据输送给调节器，调节器将此数据与给定值进行比较，给出调整偏差信号到执行机构（如电动机），执行机构操纵调节机构（如阀门）进行调节，以使参数达到规定的范围内。

（三）自控项目

（1）检测。如温度、湿度、有害气体浓度、压力等。

（2）显示。如上述参数显示，设备运行状态显示。

（3）保护。如空调机、制冷机的防冻；加湿器与风机连锁等。

（4）调节与控制。如温度、湿度、压力、新风量等。

（四）空调风管、水管常用调节阀

（1）双位控制调节阀。一般用于小管径水管和风管。只有通和断两种状态。动力为电磁力，调节效果一般。

（2）连续控制调节阀。一般用于较大水管和风管。有通、断和任意中间状态。动力为正反转电动机。调节效果较好。

七、工艺性空调对围护结构的要求（表 21-1）

工艺性空调对围护结构的要求　　　表 21-1

室温允许波动范围	外　墙	朝　向	楼　层	外　门	门　斗	外　窗
≥±1.0℃	宜减少外墙	宜北向	不宜顶层	不宜有	如有外门应设门斗	宜北向
±0.5℃	不宜有外墙	如有外墙宜北向	宜底层	不应有	如有外门必须设门斗	不宜有，如有窗应北向
±0.1～0.2℃	不应有外墙	—	宜底层	—	—	—

八、集中空调系统应注意的问题

（1）高大空间空调送风口宜采用旋流风口或喷口。

（2）空调系统的新风量，应保证补偿排风及人员所需新风量，保证室内正压，取其中最大值。

（3）对于风机盘管的水系统，电动两通阀调节水量为变流量水系统。

（4）空调机表面冷却器表面温度低于空气露点温度才能使空气冷却去湿。

（5）空调系统的过滤器、新风、回风均设过滤器，但可合设。

（6）换气次数是空调工程中常用的衡量送风量的指标，它的定义是房间送风量和房间容积的比值。

（7）空调系统的节能运行工况，一年中新风量应冬、夏最小，过渡季最大。

（8）对于空调定流量冷水系统，在末端装置冷却盘管处设电动三通调节阀。

（9）防止夏季室温过冷或冬季室温过热的最好办法是设置完善的自动控制。

（10）多联机由于冷媒管等效长度过长不能确认性能，系数不低于 2.8 时，长度不宜超过 20m。

第四节　建筑设计与供暖空调运行节能

一、公共建筑节能设计

（一）一般规定

（1）建筑总平面的布置和设计，宜利用冬季日照并避开冬季主导风向，利用夏季自然通风。建筑的主朝向宜选择本地区最佳朝向或接近最佳朝向。尽量避免东西向日晒。

（2）严寒、寒冷地区建筑的体形系数应小于或等于 0.40。

（二）围护结构热工设计

（1）全国分 5 个热工设计分区，分别为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区。

（2）围护结构传热系数限值从小到大顺序为：严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区。

（3）外墙与屋面的热桥部位的内表面温度不应低于室内空气露点温度。

（4）建筑每个朝向的窗（包括透明幕墙）墙面积比均不应大于 0.70。

（5）夏热冬暖地区、夏热冬冷地区的建筑以及寒冷地区中制冷负荷大的建筑，外窗（包括透明墙幕）宜设置活动式外部遮阳。

（6）屋顶透明部分的面积不应大于屋顶总面积的 20%。

（7）建筑中庭夏季应利用通风降温，必要时设置机械通风装置。

（8）外窗的可开启面积不应小于窗面积的 30%，透明幕墙应有可开启部分或设有通风换气装置。

（9）严寒地区建筑的外门应该设门斗，寒冷地区建筑的外门宜设门斗或应采取其他减少冷风渗透的措施。其他地区的建筑外门也应采取保温隔热节能措施。

（10）外窗的气密性不应低于《建筑外窗气密性能分解及其检测方法》（GB 7107）规定的 4 级。

（11）透明幕墙的气密性不应低于《建筑幕墙物理性能分级》（GB/T 15225）规定的 3 级。

二、居住建筑节能设计

一般规定：

（1）建筑物朝向宜采用南北向或接近南北向，主要房间宜避开冬季主导风向。

（2）建筑物体形系数在 0.3 及 0.3 以下；若体形系数大于 0.3，则屋顶和外墙应加强保温，其传热系数应满足规定。

例 21-7　（2014） 某一朝向外窗的热工参数：传热系数为 2.7W/（m^2·K），玻璃遮阳系数为 0.8，外遮阳（固定百叶遮阳），假设外遮阳系数为 0.7，该朝向外窗的遮阳系数为：

A　0.56　　B　0.70　　C　0.80　　D　1.51

提示： 外窗的遮阳系数为玻璃遮阳系数与外遮阳系数的乘积。

答案： A

例 21-8　（2014） 关于节能建筑围护结构的热工性能的说法，正确的是：

A　外窗传热系数和遮阳系数越小越节能

B　围护结构各部位传热系数均应随体形系数的减小而减小

C　单一朝向外窗的辐射热以遮阳系数为主要影响因素

D　遮阳系数就是可见光透射系数

提示： 外窗传热系数越小说明保温越好，遮阳系数越小阻挡阳光热量传向室内的量越少，越节能。围护结构各部位传热系数均随体形系数的增加而减小。北向外窗的辐射热不以遮阳系数为主要影响因素。遮阳系数不都是可见光透射系数。

答案： A

三、供暖热负荷计算时围护结构的附加耗热量

供暖热负荷计算时围护结构的附加耗热量，应按其占基本耗热量的百分率来确定。各项附加（或修正）百分率，宜按下列规定的数值选用：

（一）朝向修正率

北、东北、西北：0～10%；

东、西：－5%；

东南、西南：－10%～－15%；

南：－15%～－30%。

（二）风力附加率

建筑在不避风的高地、河岸、旷野上的建筑物以及特别高出的建筑物，垂直的外围护

结构附加 5%～10%。

（三）外门附加率

当建筑的楼层为 n 层时：

一道门：$65n\%$；

两道门（有门斗）：$80n\%$；

三道门（有两门斗）：$60n\%$；

公建主要入口：500%。

四、节能应注意的问题

（1）设置全面采暖的建筑物，传热阻应根据有关节能标准经技术经济比较确定，且对最小传热阻有要求。

（2）供暖建筑玻璃外窗的层数与下列因素有关：室外温度、室内外温度差、朝向。

第五节　设备机房及主要设备的空间要求

一、锅炉房

（一）锅炉类型

1. 按燃料分

可分为燃煤、燃气、燃油、电锅炉。

2. 按承压分

可分为有压、常压（无压）、负压（真空）锅炉。有压锅炉指锅炉承受一定压力；常压（无压）锅炉指锅炉不承受压力或承受很小压力；负压锅炉指锅炉为负压（真空）。

（二）位置选择

（1）靠近热负荷相对集中的地方。

（2）减少烟尘的影响，尽量布置在下风侧。

（3）燃料、灰渣运输方便。

（4）燃煤锅炉房宜设置在建筑物外的专用房间内。

（5）燃油、燃气锅炉房宜设置在建筑物外的专用房间内，当受条件限制必须布置在建筑内或裙房内时，应设在首层或地下一层靠外墙部位，但常压、负压锅炉可设在地下二层。不应设在人员密集的房间上一层、下一层、贴邻。

（三）锅炉台数选择

不宜少于 2 台，当 1 台满足热负荷和检修需要时可 1 台；新建时不宜超过 5 台；扩建和改建时不宜超过 7 台；非独立锅炉房时不宜超过 4 台。

（四）锅炉房的布置

（1）锅炉房平面一般包括锅炉间、风机除尘间、水泵水处理间、配电和控制室、化验室、修理间、浴厕等。

（2）锅炉房的外墙、楼地面、屋面应有相应的防爆措施。

（3）锅炉房与其他部位之间应用耐火墙、楼板隔开，门为甲级防火门。

（4）锅炉房通向室外的门向外开。辅助间、生活间等通向锅炉间的门向锅炉间开。

（5）锅炉间外墙的开窗面积应满足通风、泄压、采光要求。泄压面积不小于锅炉间占

地面积的 10%。

(6) 热力站的开门。蒸汽热力站或长度大于 12 米、高于 100℃的热水热力站设 2 个出口。

(五) 锅炉房面积粗略估算

(1) 旅馆、办公楼等公建（以 10000～30000m^2 为例）的燃煤锅炉房面积约占建筑面积的 0.5%～1.0%，燃油、燃气锅炉房约占建筑面积的 0.2%～0.6%。

(2) 居住建筑（以 100000～300000m^2 为例）的燃煤锅炉房面积约占建筑面积的 0.2%～0.6%，燃气锅炉房约占建筑面积的 0.1%～0.3%。

二、制冷机房

(1) 氨压缩式制冷机要求严禁采用明火采暖；设事故排风装置，换气次数不小于 12 次/h，排风机选用防爆型。

(2) 燃气直燃溴化锂吸收式制冷机，要求同负压锅炉。

(3) 制冷机房在地下室时要有运输通道和通风设施。

(4) 应考虑振动、噪声对环境的影响，选好位置，做好隔声、吸声。

(5) 制冷机房面积粗略估算（以 10000～30000m^2 为例）

1) 旅馆、办公楼等建筑占总建筑面积的 0.75%～0.925%；

2) 商业、展览馆等建筑占总建筑面积的 1.31%～1.57%。

三、空调机房

(1) 位置选择：在地下室时要有新风和排风通向地面。在地上时尽量靠外墙，进新风和排风方便。

(2) 防止振动、噪声的影响，做好隔声、吸声。

(3) 应有排水和地面防水。

(4) 门向外开，甲级防火门。

(5) 空调机房占用面积粗略估算（以 10000～30000m^2 为例）：

1) 全空气系统占总建筑面积 3.3%～3.9%；

2) 风机盘管加新风系统占总建筑面积 2.25%～2.7%。

例 21-9 (2010) 空调机房宜布置在靠近所服务区域处，其目的是：

A 加大空调房间送风温差　　B 降低送风管道阻力

C 加大空调房间送风量　　D 降低表冷器空气阻力

提示： 空调机房与所服务区域距离短，可降低送风管阻力。

答案： B

第六节 建筑防、排烟[1]及通风空调、防火措施

一、防烟

1. 防烟的概念

[1] 公安部 2015 年 4 月 27 日通知：鉴于新制订的《建筑防烟排烟系统技术规范》尚未批准发布，防烟与排烟系统设置场所执行《建筑设计防火规范》GB 50016—2014；其他具体系统设计仍执行《建筑设计防火规范》GB 50016—2006 及《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045—95（2005 版）。

封闭楼梯间、防烟楼梯间、防烟楼梯间前室、消防电梯前室、防烟楼梯间和消防电梯合用前室、封闭避难层（间）等疏散和避难部位通过送风机加压送风，空气压力高于走道和房间，烟气不能侵入，以利于人员疏散，叫防烟。通过可开启的外窗或排烟窗把烟气及时排走，以利于人员疏散，也叫防烟。所以防烟分为机械加压送风的机械防烟和可开启外窗的自然排烟。

2. 建筑的下列场所或部位应设置防烟设施：

（1）防烟楼梯间及其前室；

（2）消防电梯间前室或合用前室；

（3）避难走道的前室、避难层（间）；

（4）当封闭楼梯间不能自然通风或自然通风不能满足要求时，应设置机械加压送风系统或采用防烟楼梯间。防烟楼梯间应设置防烟设施。

3. 建筑高度不大于50m的公共建筑、厂房、仓库和建筑高度不大于100m的住宅建筑，当其防烟楼梯间的前室或合用前室符合下列条件之一时，楼梯间可不设置防烟系统：

（1）前室或合用前室采用敞开的阳台、凹廊；

（2）前室或合用前室具有不同朝向的可开启外窗，且可开启外窗的面积满足自然排烟口的面积要求。

4. 防烟设施

（1）建筑高度超过50m的一类公共建筑和建筑高度超过100m的居住建筑，封闭楼梯间、防烟楼梯间、消防电梯间前室、合用前室不论有无外窗，均应设机械加压送风防烟。

（2）除建筑高度超过50m的一类公共建筑和建筑高度超过100m的居住建筑外，封闭楼梯间、防烟楼梯间及其前室防烟系统：

1）封闭楼梯间、防烟楼梯间及其前室均具备自然排烟条件，均设自然排烟。

2）前室具备自然排烟条件，设自然排烟。封闭楼梯间、防烟楼梯间不具备自然排烟条件，设机械加压送风。

3）防烟楼梯间具备自然排烟条件，设自然排烟。前室不具备自然排烟条件，设机械加压送风。

4）防烟楼梯间及其前室均不具备自然排烟条件，防烟楼梯间设机械加压送风，前室不需送风（实际工程中前室设送风也不算错，但考试中算错）。

（3）除建筑高度超过50m的一类公共建筑和建筑高度超过100m的居住建筑外，防烟楼梯间、合用前室防烟系统：

1）防烟楼梯间、合用前室均具备自然排烟条件，均设自然排烟。

2）合用前室具备自然排烟条件，设自然排烟。防烟楼梯间不具备自然排烟条件，设机械加压送风。

3）防烟楼梯间具备自然排烟条件，设自然排烟。合用前室不具备自然排烟条件，设机械加压送风。

4）防烟楼梯间、合用前室均不具备自然排烟条件，防烟楼梯间、合用前室宜分别独立设机械加压送风。

（4）剪刀防烟楼梯间防烟系统：

除建筑高度超过50m的一类公共建筑和建筑高度超过100m的居住建筑外，具备自然排烟条件，设自然排烟。

不具备自然排烟条件，独立设机械加压送风。机械加压送风按两个防烟楼梯间计算。只有一张平面图又不允许用文字标注时，两个加压送风竖风道一端设一个。

实际工程不只一张平面图又允许用文字标注时，两个加压送风竖风道可相邻布置，并在楼梯同一端，一个风道送奇数层，另一个风道送偶数层。

（5）消防电梯前室防烟系统：

除建筑高度超过 50m 的一类公共建筑和建筑高度超过 100m 的居住建筑外，消防电梯前室防烟系统。

1）消防电梯前室具备自然排烟条件，设自然排烟。

2）消防电梯前室不具备自然排烟条件，独立设机械加压送风。

（6）自然排烟的防烟方式开窗面积：

1）防烟楼梯间每五层内可开启外窗总面积之和不应小于 $2m^2$。

2）防烟楼梯间前室、消防电梯前室每层可开启外窗面积不应小于 $2m^2$。

3）合用前室每层可开启外窗面积不应小于 $3m^2$。

4）建筑高度超过 50m 的一类公共建筑和建筑高度超过 100m 的居住建筑，不满足（不允许）自然排烟。

（7）加压送风口层数要求：

防烟楼梯间每隔 2～3 层（按最经济理念，应每隔 3 层）设一个加压送风口。三种前室每层设一个加压送风口。

例 21-10　（2014） 关于机械排烟口的设置，正确的是：

A　与最近安全出口的水平距离不应小于 1.0m

B　距可燃构件或可燃物的距离不应小于 0.5m

C　在防烟分区内距最远点的水平距离不应超过 30m

D　防烟楼梯间设置排烟口

提示：《高层民用建筑设计防火规范》（防排烟规范未发布之前防排烟仍执行原规范）规定：机械排烟口在防烟分区内距最远点的水平距离不应超过 30m。

答案： C

二、排烟

1. 排烟的概念

建筑内走道、房间、地下室、中庭等部位通过排烟机排除烟气，以利于人员疏散，叫机械排烟；或通过可开启的外窗或排烟窗把烟气及时排走，以利于人员疏散，叫自然排烟。所以排烟分为机械排烟和可开启外窗的自然排烟。

2. 民用建筑的下列场所或部位应设置排烟设施：

（1）设置在一、二、三层且房间建筑面积大于 $100m^2$ 的歌舞娱乐放映游艺场所，设置在四层及以上楼层、地下或半地下的歌舞娱乐放映游艺场所；

（2）中庭；

（3）公共建筑内建筑面积大于 $100m^2$ 且经常有人停留的地上房间；

（4）公共建筑内建筑面积大于 $300m^2$ 且可燃物较多的地上房间；

（5）建筑内长度大于 20m 的疏散走道；

(6) 地下或半地下建筑（室）、地上建筑内的无窗房间，当总建筑面积大于 200m^{2}或一个房间建筑面积大于 50m^2，且经常有人停留或可燃物较多时，应设置排烟设施。

3. 排烟设施

(1) 具备自然排烟条件时，设自然排烟。

(2) 不具备自然排烟条件时，设机械排烟。

(3) 防烟分区内的排烟口距最远点的水平距离不应超过 30m。

(4) 排烟口应设在顶棚或靠近顶棚的墙面上，且与附近安全出口沿走道方向相邻边缘之间的最小水平距离不应小于 1.5m（排烟口在走道时，距前室门、封闭楼梯间门不应小于 1.5m；排烟口在房间时，距房间门不应小于 1.5m）。设在顶棚上的排烟口，距可燃烧物构件或可燃物的距离不应小于 1m。

(5) 自然排烟方式的开窗面积：

1) 走道、房间可开启外窗面积不应小于走道、房间面积的 2%。

2) 中庭有天窗或高侧窗、采用自然排烟时，可开启外窗面积不应小于中庭地面面积的 5%；中庭高度超过 12m 时只能采用机械排烟。

三、通风和空气调节

1. 通风和空气调节系统，横向宜按防火分区设置，竖向不宜超过 5 层。当管道设置防止回流设施或防火阀时，管道布置可不受此限制。竖向风管应设置在管井内。

2. 厂房内有爆炸危险场所的排风管道，严禁穿过防火墙和有爆炸危险的房间隔墙。

3. 甲、乙、丙类厂房内的送、排风管道宜分层设置。当水平或竖向送风管在进入生产车间处设置防火阀时，各层的水平或竖向送风管可合用一个送风系统。

4. 空气中含有易燃、易爆危险物质的房间，其送、排风系统应采用防爆型的通风设备。当送风机布置在单独分隔的通风机房内且送风干管上设置防止回流设施时，可采用普通型的通风设备。

5. 含有燃烧和爆炸危险粉尘的空气，在进入排风机前应采用不产生火花的除尘器进行处理。对于遇水可能形成爆炸的粉尘，严禁采用湿式除尘器。

6. 处理有爆炸危险粉尘的除尘器、排风机的设置应与其他普通型的风机、除尘器分开设置，并宜按单一粉尘分组布置。

7. 净化有爆炸危险粉尘的干式除尘器和过滤器宜布置在厂房外的独立建筑内，建筑外墙与所属厂房的防火间距不应小于 10m。

具备连续清灰功能，或具有定期清灰功能且风量不大于 15000m^3/h、集尘斗的储尘量小于 60kg 的干式除尘器和过滤器，可布置在厂房内的单独房间内，但应采用耐火极限不低于 3.00h 的防火隔墙和 1.50h 的楼板与其他部位分隔。

8. 净化或输送有爆炸危险粉尘和碎屑的除尘器、过滤器或管道，均应设置泄压装置。净化有爆炸危险粉尘的干式除尘器和过滤器应布置在系统的负压段上。

9. 排除有燃烧或爆炸危险气体、蒸气和粉尘的排风系统，应符合下列规定：

(1) 排风系统应设置导除静电的接地装置；

(2) 排风设备不应布置在地下或半地下建筑（室）内；

(3) 排风管应采用金属管道，并应直接通向室外安全地点，不应暗设。

10. 排除和输送温度超过 80℃的空气或其他气体以及易燃碎屑的管道，与可燃或难燃

物体之间的间隙不应小于150mm，或采用厚度不小于50mm的不燃材料隔热；当管道上下布置时，表面温度较高者应布置在上面。

11. 通风、空气调节系统的风管在下列部位应设置公称动作温度为70℃的防火阀：

（1）穿越防火分区处；

（2）穿越通风、空气调节机房的房间隔墙和楼板处；

（3）穿越重要或火灾危险性大的场所的房间隔墙和楼板处；

（4）穿越防火分隔处的变形缝两侧；

（5）竖向风管与每层水平风管交接处的水平管段上。

注：当建筑内每个防火分区的通风、空气调节系统均独立设置时，水平风管与竖向总管的交接处可不设置防火阀。

12. 公共建筑的浴室、卫生间和厨房的竖向排风管，应采取防止回流措施并宜在支管上设置公称动作温度为70℃的防火阀。

公共建筑内厨房的排油烟管道宜按防火分区设置，且在与竖向排风管连接的支管处应设置公称动作温度为150℃的防火阀。

13. 防火阀的设置应符合下列规定：

（1）防火阀宜靠近防火分隔处设置；

（2）防火阀暗装时，应在安装部位设置方便维护的检修口；

（3）在防火阀两侧各2.0m范围内的风管及其绝热材料应采用不燃材料；

（4）防火阀应符合现行国家标准《建筑通风和排烟系统用防火阀门》GB 15930的规定。

14. 除下列情况外，通风、空气调节系统的风管应采用不燃材料：

（1）接触腐蚀性介质的风管和柔性接头可采用难燃材料；

（2）体育馆、展览馆、候机（车、船）建筑（厅）等大空间建筑，单、多层办公建筑和丙、丁、戊类厂房内通风、空气调节系统的风管，当不跨越防火分区且在穿越房间隔墙处设置防火阀时，可采用难燃材料。

15. 设备和风管的绝热材料、用于加湿器的加湿材料、消声材料及其粘结剂，宜采用不燃材料，确有困难时，可采用难燃材料。

风管内设置电加热器时，电加热器的开关应与风机的启停联锁控制。电加热器前后各0.8m范围内的风管和穿过有高温、火源等容易起火房间的风管，均应采用不燃材料。

16. 燃油或燃气锅炉房应设置自然通风或机械通风设施。燃气锅炉房应选用防爆型的事故排风机。当采取机械通风时，机械通风设施应设置导除静电的接地装置，通风量应符合下列规定：

（1）燃油锅炉房的正常通风量应按换气次数不少于3次/h确定，事故排风量应按换气次数不少于6次/h确定；

（2）燃气锅炉房的正常通风量应按换气次数不少于6次/h确定，事故排风量应按换气次数不少于12次/h确定。

例21-11　(2005) 高层建筑中，燃油、燃气锅炉房应布置在：

A　建筑的地下三层靠外墙部位

B　建筑的地下二层靠外墙部位

C　建筑的首层或地下一层靠外墙部位

D　建筑的地上二层靠外墙部位

提示：《建筑设计防火规范》GB 50016—2014 规定：高层建筑中，燃油、燃气锅炉房应布置在首层或地下一层靠外墙部位。

答案：C

第七节　燃气种类及安全措施

一、燃气种类

天然气、人工煤气、液化石油气。

二、燃气管道

(1) 地下燃气管道不得从建筑物和大型构筑物的下面穿越。

(2) 燃气引入管不得敷设在卧室、浴室、地下室、易燃或易爆品的仓库、有腐蚀性介质的房间、配电室、变电室、电缆沟、烟道和进风道等地方。

(3) 燃气引入管进入密闭室时，密闭室必须进行改造，并设置换气口，其通风换气次数每小时不得小于 3 次。

(4) 燃气引入管穿过建筑物基础、墙或管沟时，均应设置在套管中，并应考虑沉降的影响，必要时应采取补偿措施。

(5) 建、构筑物内部的燃气管道应明设。当建筑或工艺有特殊要求时，可暗设，但必须便于安装和检修。

(6) 暗设燃气管道应符合下列要求：

1) 暗设的燃气立管，可设在墙上的管槽或管道井中；暗设的燃气水平管，可设在吊平顶内或管沟内。

2) 暗设的燃气管道的管槽应设活动门和通风孔；暗设的燃气管道的管沟应设活动盖板，并填充干沙。

3) 管道应有防腐绝缘层。

4) 燃气管道不得敷设在可能渗入腐蚀性介质的管沟中。

5) 当敷设燃气管道的管沟与其他管沟相交时，管沟之间应密封，燃气管道应敷设在钢套管中。

6) 敷设燃气管道的设备层和管道井应通风良好。每层的管道井应设与楼板耐火极限相同的防火隔断层，并应有进出方便的检修门。

(7) 室内燃气管道不得穿过易燃易爆品仓库、配电室、变电室、电缆沟、烟道和进出风道等地方。

(8) 室内燃气管道不应敷设在潮湿或有腐蚀性介质的房间内。当必须敷设时，必须采取防腐措施。

(9) 燃气管道严禁引入卧室。当燃气水平管道穿过卧室、浴室或地下室时，必须采用焊接连接的方式，并必须设置在套管中。燃气管道的立管不得敷设在卧室、浴室或厕所中。

(10) 当室内燃气管道穿过楼板、楼梯平台、墙壁和隔墙时，必须安装在套管中。

(11) 燃气管道必须考虑在工作环境温度下的极限变形。

(12) 地下室、半地下室、设备层和25层以上建筑的用气安全设施应符合下列要求：

1) 引入管宜设快速切断阀；

2) 管道上宜设自动切断阀、泄漏报警器和送排风系统等自动切断连锁装置；

3) 25层以上建筑宜设燃气泄漏集中监视装置和压力控制装置，并宜有检修值班室。

(13) 地下室、半地下室、设备层敷设人工煤气和天然气管道时，应符合下列要求：

1) 净高不应小于2.2m；

2) 应有良好的通风设施，地下室或地下设备层内应有机械通风和事故排风设施；

3) 应设有固定的照明设备；

4) 当燃气管道与其他管道一起敷设时，应敷设在其他管道的外侧；

5) 燃气管道应采用焊接或法兰连接；

6) 应用非燃烧体的实体墙与电话间、变电室、修理间和储藏室隔开；

7) 地下室内燃气管道末端应设放散管，并应引出地上。放散管的出口位置应保证吹扫放散时的安全和卫生要求。

(14) 液化石油气管道不应敷设在地下室、半地下室或设备层内。

(15) 当燃气燃烧设备与燃气管道为软管连接时，其设计应符合下列要求：

1) 家用燃气灶和实验室用的燃烧器，其连接软管的长度不应超过2m，并不应有接口；

2) 燃气用软管应采用耐油橡胶管；

3) 软管与燃气管道、接头管、燃烧设备的连接处应采用压紧螺帽（锁母）或管卡固定；

4) 软管不得穿墙、窗和门。

(16) 燃气管不应敷设在楼梯间及防烟楼梯间前室内。

三、居民生活和公共建筑用气

(1) 用户计量装置的安装位置，应符合下列要求：

1) 宜安装在非燃结构的室内通风良好处；

2) 严禁安装在卧室、浴室、危险品和易燃物品堆放处，以及与上述情况类似的地方；

3) 公共建筑和工业企业生产用气的计量装置，宜设置在单独房间内。

(2) 燃气表的安装应满足抄表、检修、保养和安全使用的要求。当燃气表在燃气灶具上方时，燃气表与燃气灶的水平净距不得小于30cm。

(3) 居民生活使用的各类用气设备应采用低压燃气。

(4) 居民生活用气设备严禁安装在卧室内。

(5) 居民住宅厨房内装有直接排气式热水器时应设排风扇。

(6) 燃气灶的设置应符合下列要求：

1) 燃气灶应安装在通风良好的厨房内，利用卧室的套间或用户单独使用的走廊作厨房时，应设门并与卧室隔开；

2) 安装燃气灶的房间净高不得低于2.2m；

3) 燃气灶与可燃或难燃烧的墙壁之间应采取有效的防火隔热措施；燃气灶的灶面边缘和烤箱的侧壁距木质家具的净距不应小于20cm；燃气灶与对面墙之间应有不小于1m

的通道。

(7) 燃气热水器应安装在通风良好的房间或过道内，并应符合下列要求：

1) 直接排气式热水器严禁安装在浴室内；

2) 平衡式热水器可安装在浴室内；

3) 装有直接排气式热水器或烟道式热水器的房间，房间门或墙的下部应设有效截面积不小于 30mm 的间隙；

4) 房间净高应大于 2.4m；

5) 可燃或难燃烧的墙壁上安装热水器时，应采取有效的防火隔热措施；

6) 热水器与对面墙之间应有不小于 1m 的通道。

(8) 燃气采暖装置的设置应符合下列要求：

1) 燃气采暖装置应有熄火保护装置和排烟设施；

2) 容积式热水采暖炉应设置在通风良好的走廊或其他非居住房间内，与对面墙之间应有不小于 1m 的通道；

3) 采暖装置设置在可燃或难燃烧的地板上时，应采取有效的防火隔热措施。

(9) 公共建筑用气设备应安装在通风良好的专用房间内。

(10) 公共建筑用气设备的安装应符合下列要求：

大锅灶和中餐菜灶应有排烟设施，大锅灶的炉膛和烟道处必须设爆破门。

(11) 燃具燃烧所产生的烟气应排出室外。

(12) 安装生活用的直接排气式燃具的厨房，应符合燃具热负荷对厨房容积和换气次数的要求。当不能满足要求时，应设置机械排烟设施。

(13) 浴室用燃气热水器的排气口应直接通向室外。排气系统与浴室必须有防止烟气泄漏的措施。

(14) 公共建筑用厨房中的燃具上方应设排气扇或吸气罩。

(15) 用气设备的排烟设施应符合下列要求：

1) 不得与使用固体燃料的设备共用一套排烟设施；

2) 当多台设备合用一个总烟道时，应保证排烟时互不影响；

3) 在容易积聚烟气的地方，应设置防爆装置；

4) 应设有防止倒风的装置。

(16) 高层建筑的共用烟道，各层排烟不得互相影响。

(17) 当用气设备的烟囱伸出室外时，其高度应符合下列要求：

1) 当烟囱离屋脊小于 1.5m 时（水平距离），应高出屋脊 0.5m；

2) 当烟囱离屋脊 1.5～3.0m 时（水平距离），烟囱可与屋脊等高；

3) 当烟囱离屋脊的距离大于 3.0m 时（水平距离），烟囱应在屋脊水平线下 10°的直线上；

4) 在任何情况下，烟囱应高出屋面 0.5m；

5) 当烟囱的位置临近高层建筑时，烟囱应高出沿高层建筑物 45°的阴影线；

6) 烟囱出口应有防止雨雪进入的保护罩。

(18) 烟道排气式热水器的安全排气罩上部，应有不小于 0.25m 的垂直上升烟气导管，其直径不得小于热水器排烟口的直径。热水器的烟道上不应设置闸板。

(19) 居民用气设备的烟道距难燃或非燃顶棚或墙的净距不应小于 5cm；距易燃的顶棚或墙的净距不应小于 25cm。

(20) 有安全排气罩的用气设备不得设置烟道闸板。

无安全排气罩的用气设备，在烟道上应设置闸板，闸板上应有直径大于 15mm 的孔。

(21) 烟囱出口的排烟温度应高于烟气露点 15℃以上。

(22) 烟囱出口应设置风帽或其他防倒风装置。

四、调压站、调压箱

调压站距离建筑物、构筑物水平净距见表 21-2。

调压站距离建筑物、构筑物水平净距（m） **表 21-2**

调压站建筑形式	调压装置入口燃气压力级制	建筑物外墙面	重要公共建筑一类高层建筑	铁路中心线	城镇道路	公共电力变配电柜
地上单独建筑	高压/次高压	6～18	12～30	10～25	3～5	4～6
	中　压	6	12	10	2	4
地面调压箱	次高压	4～7	8～14	8～12	2	4
	中　压	4	8	8	1	4
地下单独建筑	中　压	3	6	6	—	3
地下调压箱	—	3	6	6	—	3

第八节　暖通空调专业常用单位

一、热量、冷量

(一) 法定单位

W（焦耳/秒），称瓦。10^3W 可写作 kW，称千瓦；10^6W 可写作 MW，称兆瓦。

(二) 非法定单位

kcal/h（千卡/时），称千卡每小时。约等于 1.163W（瓦）。

(三) 非法定单位

RT 或 U.S.RT，称冷吨或美国冷吨。约等于 3517W（瓦）或 3000kcal/h（千卡/时）。

二、传热系数

(一) 法定单位

W/(m^2·℃)，称瓦每平方米摄氏度。

(二)非法定单位

kcal/(m^2·h·℃)，称千卡每平方米小时摄氏度。约等于 1.163W/(m^2·℃)。

三、导热系数

(一) 法定单位

W/(m·℃)，称瓦每米摄氏度。

（二）非法定单位

kcal/(m・h・℃)，称千卡每米小时摄氏度。约等于1.163W/(m・℃)。

四、压强

法定单位：Pa(牛顿/平方米)，称帕。10^3Pa可写作kPa，称千帕；10^6Pa可写作MPa，称兆帕。

五、风量

法定单位：m^3/s。

六、风速

法定单位：m/s。

习　题

21-1 关于散热器连续供暖系统的热水温度，以下哪种说法是正确的？（　）

A 供回水温度宜为75℃/50℃，且供水温度不宜大于85℃，供回水温差不宜小于20℃

B 供回水温度宜为75℃/50℃，且供水温度不宜大于85℃，供回水温差不宜小于25℃

C 供回水温度宜为95℃/70℃，且供水温度不宜大于95℃，供回水温差不宜小于20℃

D 供回水温度宜为95℃/70℃，且供水温度不宜大于95℃，供回水温差不宜小于25℃

21-2 关于低温热水地面辐射供暖系统，以下哪种说法是正确的？（　）

A 低温热水地面辐射供暖系统热水供水温度宜为35～45℃，不应大于60℃；供回水温差不宜大于10℃，且不宜小于5℃

B 低温热水地面辐射供暖系统热水供水温度宜为35～45℃，不应大于60℃；供回水温差不宜大于25℃，且不宜小于5℃

C 低温热水地面辐射供暖系统热水供水温度宜为25～55℃，不应大于60℃；供回水温差不宜大于10℃，且不宜小于5℃

D 低温热水地面辐射供暖系统热水供水温度宜为40～45℃，不应大于60℃；供回水温差不宜大于10℃，且不宜小于5℃

21-3 民用建筑中，采用以热水为热媒的散热器供暖系统时，下列哪种说法是错误的？（　）

A 管道有冻结危险的场所，散热器的供暖立管或支管应单独设置

B 热量表的流量传感器宜装在回水管上

C 幼儿园、老年人、特殊功能要求的建筑中的散热器不得暗装，也不得加防护罩

D 有罩的散热器设置恒温控制阀时，应采用温包外置式恒温控制阀

21-4 集中供暖系统中不包括下列中的哪一种供暖方式？（　）

A 散热器　　B 热风　　C 热水辐射　　D 通风

21-5 热水供暖和蒸汽供暖均应考虑？（　）

A 及时排除系统中的空气　　B 及时排除凝水

C 合理选择膨胀水箱　　D 合理布置凝结水箱

21-6 对一栋建筑物内同一楼层上的供暖房间，当其开间大小、围护结构均相同时，哪个朝向的供暖负荷最大？（　）

A 东　　B 西　　C 南　　D 北

21-7 相同规模的铸铁散热器，下列哪种组合最有利于每片散热器的散热能力？（　）

A 每组片数：<6片　　B 每组片数：6～10片

C 每组片数：11～20片　　D 每组片数：>20片

21-8 下列哪个室内供暖系统无法做到分户计量和分室温度调节？（　）

A 户内双管水平并联式系统　　B 户内单管水平跨越式系统
C 户内双管上供下回式系统　　D 垂直单管无跨越管系统

21-9 下列哪种情况的供暖管道不应保温？（　　）
A 地沟内　　B 供暖的房间
C 管道井　　D 技术夹层

21-10 热力管道输送的热量大小取决于（　　）。
A 管径　　B 供水温度
C 供水温度和流量　　D 供回水温差和流量

21-11 当发生事故向室内散发比空气密度大的有害气体和蒸汽时，事故排风的吸风口应设于何处？（　　）
A 接近地面处　　B 上部地带　　C 紧贴顶棚　　D 中部

21-12 对于放散粉尘或密度比空气大的气体和蒸汽，而不同时散热的生产厂房，其机械通风方式应采用哪一种？（　　）
A 下部地带排风，送风至下部地带
B 上部地带排风，送风至下部地带
C 下部地带排风，送风至上部地带
D 上部地带排风，送风至上部地带

21-13 对于系统式局部送风，下面哪一种不符合要求？（　　）
A 不得将有害物质吹向人体
B 送风气流从人体的前侧上方倾斜吹到头、颈和胸部
C 送风气流从人体的后侧上方倾斜吹到头、颈和背部
D 送风气流从上向下垂直送风

21-14 通风、空调进风口、排风口的相对位置，哪一种较合理？（　　）
A 进风口在排风口下部、上风侧　　B 进风口在排风口上部、上风侧
C 进风口在排风口下部、下风侧　　D 进风口在排风口上部、下风侧

21-15 以自然通风为主的建筑物，确定其方位时，根据主要进风面和建筑物形式，应按何时的有利风向布置？（　　）
A 春季　　B 夏季　　C 秋季　　D 冬季

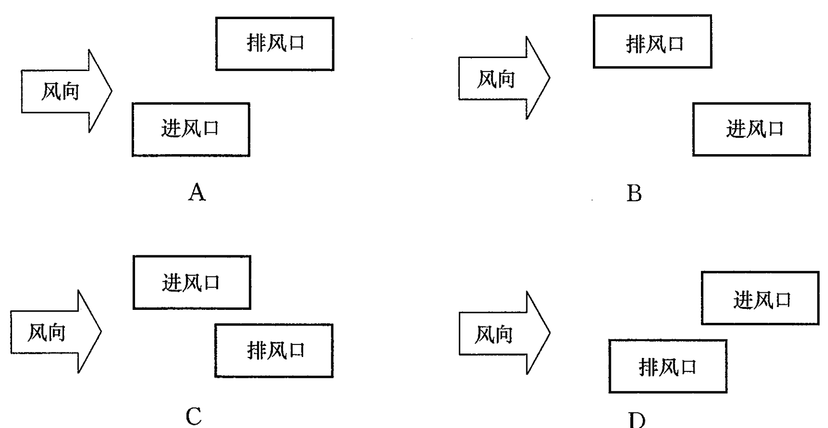
21-16 多层和高层建筑的机械送排风系统的风管横向设置应按什么分区？（　　）
A 防烟分区　　B 防火分区
C 平面功能分区　　D 沉降缝分区

21-17 消除余热所需换气量与下面哪一条无关？（　　）
A 余热量　　B 室内空气循环风量
C 由室内排出的空气温度　　D 进入室内的空气温度

21-18 输送同样的风量且风管内风速相同的情况下，以下不同横截面形式风管的风阻力由小到大的排列顺序是：（　　）。
A 长方形、正方形、圆形　　B 圆形、正方形、长方形
C 正方形、长方形、圆形　　D 圆形、长方形、正方形

21-19 对于一定构造的风道系统，当风量为 Q 时，风机的轴功率为 N_2；若风量为 $Q/2$ 时，风机的轴功率应为 N_2 的（　　）倍。
A 1/2　　B 1/4　　C 1/8　　D 1

21-20 如下图同一面墙室外通风进排风口哪种合理？（　　）



题 21-20 图

21-21　空调系统的新风量，无须保证哪一条？（　　）

A　补偿排风　　B　人员所需新风量

C　保证室内正压　　D　每小时不小于 5 次的换气次数

21-22　对于风机盘管的水系统，哪种调节方式为变流量水系统？（　　）

A　电动三通阀调节水量　　B　电动两通阀调节水量

C　三速开关手动调节风量　　D　自动调节风机转速控器

21-23　下列对空调机的描述，哪一条是正确的？（　　）

A　只能降低室内空气温度　　B　只能降低室内空气含湿量

C　能降低室内空气温度和含湿量　　D　只能减少室内空气异味

21-24　空气调节冷热水温度，一般采用以下数值，哪一项不正确？（　　）

A　冷水供水温度 5～7℃　　B　冷水供回水温差 5℃

C　热水供水温度 50～60℃　　D　热水供回水温差 5℃

21-25　空调机表面冷却器表面温度，达到下列哪种情况才能使空气冷却去湿？（　　）

A　高于空气露点温度　　B　等于空气露点温度

C　低于空气露点温度　　D　低于空气干球温度

21-26　高层民用建筑通风空调风管，下列哪种情况可不设防火阀？（　　）

A　穿越防火分区处

B　穿越通风、空调机房及重要的火灾危险性大的房间隔墙和楼板处

C　水平总管的分支管段上

D　穿越变形缝的两侧

21-27　空调系统的过滤器，宜怎样设置？（　　）

A　只新风设过滤器　　B　新风、回风均设过滤器但可合设

C　只回风设过滤器　　D　新风、回风均不设过滤器

21-28　换气次数是空调工程中常用的衡量送风量的指标，它的定义是（　　）。

A　房间送风量和房间容积的比值

B　房间新风量和房间体积的比值

C　房间送风量和房间面积的比值

D　房间新风量和房间面积的比值

21-29　空调面积较小且需设空调的房间布置又很分散时，不宜采用哪种系统？（　　）

A　分散设置的风冷机　　B　分散设置的水冷机

C 分体空调　　D 集中空调系统

21-30 下列哪个场所的空调系统宜采用双风机系统？（　　）

A 体育馆的比赛大厅　　B 小型展厅

C 职工餐厅　　D 一般办公室

21-31 全年运行的空调系统，仅要求按季节进行供冷和供热转换时，宜采用（　　）。

A 一管制　　B 两管制　　C 三管制　　D 四管制

21-32 空调机房设在办公层内时，应采取相应的隔声措施，且机房的门应为（　　）。

A 防火门　　B 隔声门　　C 普通门　　D 防火隔声门

21-33 某旅馆的客房总数只有 30 间，选择空调系统时，哪种最适宜？（　　）

A 集中式空调系统　　B 风机盘管加新风系统

C 风机盘管系统　　D 分体式空调系统

21-34 空气调节房间总面积不大或建筑物中仅个别房间要求空调时，宜采用哪种空调机组？（　　）

A 新风机组　　B 变风量空调机组

C 整体式空调机组　　D 组合式空调机组

21-35 空调系统的节能运行工况，一年中新风量应如何变化？（　　）

A 冬、夏最小，过渡季最大　　B 冬、夏、过渡季最小

C 冬、夏最大，过渡季最小　　D 冬、夏、过渡季最大

21-36 防止夏季室温过冷或冬季室温过热的最好办法为（　　）。

A 正确计算冷热负荷　　B 保持水循环环路水力平衡

C 设置完善的自动控制　　D 正确确定夏、冬季室内设计温度

21-37 公共建筑中，可以合用一个全空气空调系统的房间是（　　）。

A 演播室与其配套的设备机房

B 同一朝向且使用时间相同的多个办公室

C 中餐厅与入口大堂

D 舞厅与会议室

21-38 确定酒店客房空气调节的新风量时，下列哪种说法是错误的？（　　）

A 新风量应满足人员所需的最小值

B 新风量应符合相关的卫生标准

C 新风量应负担新风负荷

D 新风量应小于客房内卫生间的排风量

21-39 下列哪一条空调系统措施不正确？（　　）

A 采用自动控制　　B 合理划分系统

C 选用低能耗设备　　D 固定新回风比例

21-40 空调自动控制不控制下列中的哪一项？（　　）

A 室内空气温度　　B 室内空气湿度

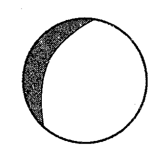
C 室内空气洁净度　　D 室内其他设备散热量

21-41 全空调的公共建筑，就全楼而言，其楼内的空气应为（　　）。

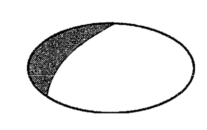
A 正压　　B 负压

C 0 压（不正也不负）　　D 部分正压，部分负压

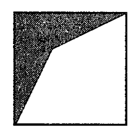
21-42 下列截面形状的风管的材质、过渡断面积和通过风管的风量均相同，哪个风管单位长度的气流阻力最大？（　　）



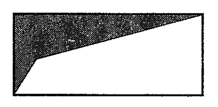
A　圆形风管



B　椭圆形风管（长短轴之比为 2）



C　正方形风管



D　长方形风管（长宽比为 3）

题 21-42 图

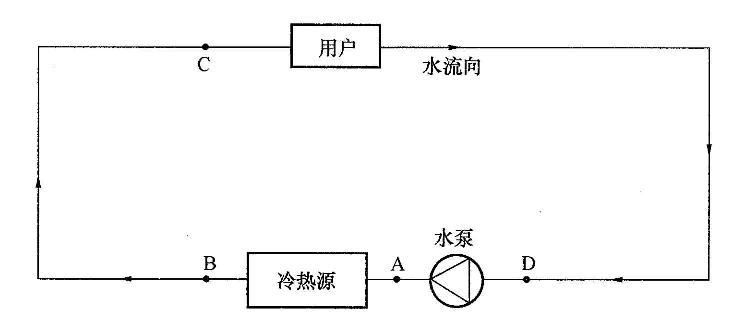
21-43　夏热冬冷地区采用内呼吸式双层玻璃幕墙的建筑，从降低空调系统能耗角度出发，下列哪种幕墙通风模式最优？（　　）

A　冬、夏季均通风　　B　冬、夏季均不通风

C　冬季通风，夏季不通风　　D　冬季不通风，夏季通风

21-44　在空调水系统图示中（见下图），当水泵运行时，哪一点压力最大？（　　）

A　A点　　B　B点　　C　C点　　D　D点



题 21-44 图

21-45　题 21-45 图中，哪种空调系统的设置合理？（　　）

21-46　设置全面供暖的建筑物，其围护结构的传热阻（　　）。

A　越大越好　　B　越小越好

C　对最大传热阻有要求　　D　对最小传热阻有要求

21-47　供暖建筑玻璃外窗的层数与下列哪个因素无关？（　　）

A　室外温度　　B　室内外温度差

C　朝向　　D　墙体材料

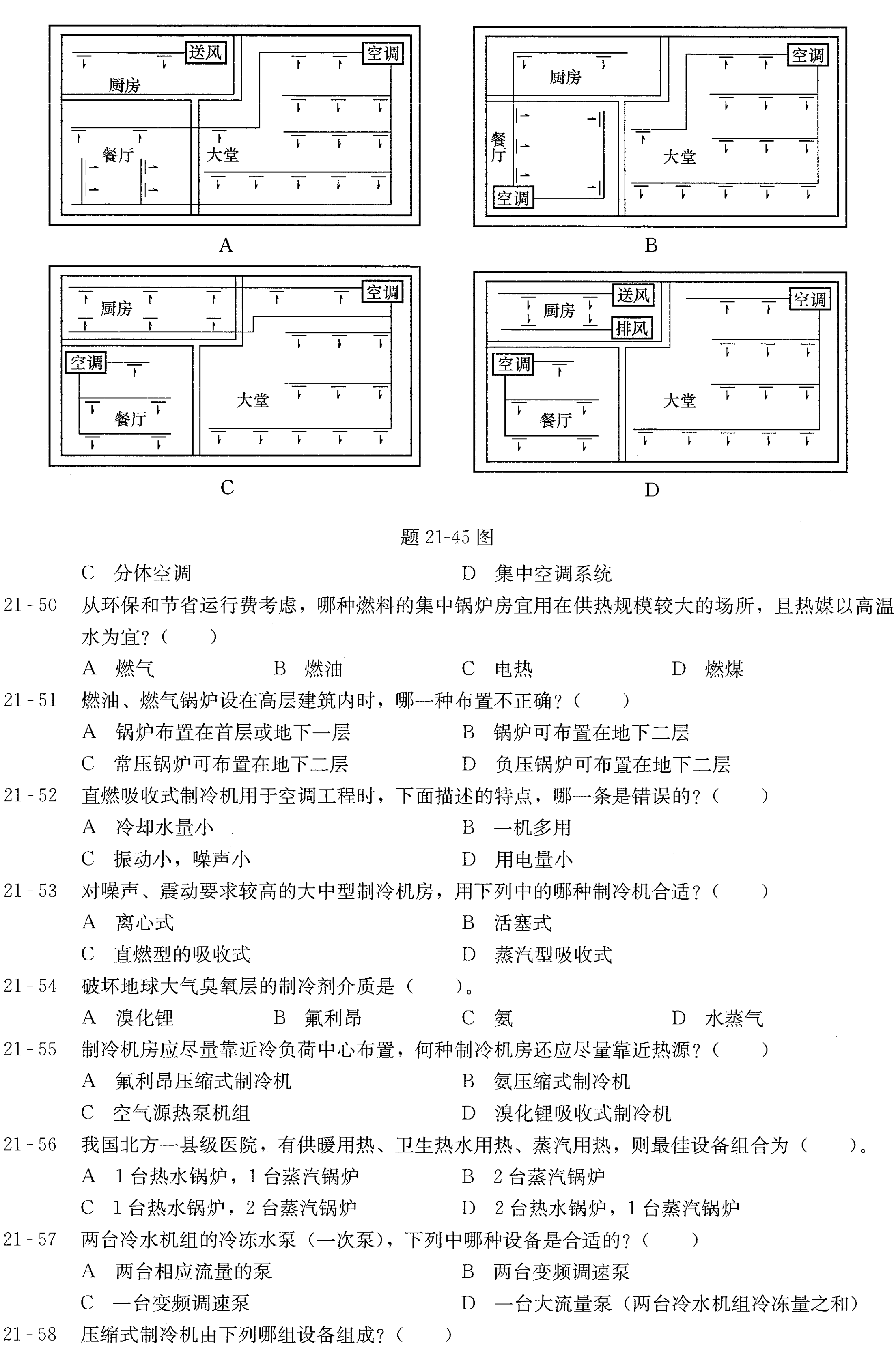
21-48　供暖建筑体形系数？（　　）

A　不宜太大　　B　不宜太小

C　越大越好　　D　与大小无关

21-49　空调面积较小且需设空调的房间布置又很分散时，不宜采用哪种系统？（　　）

A　分散设置的风冷机　　B　分散设置的水冷机



题 21-45 图

C　分体空调　　　　　　　　　　　D　集中空调系统

21-50　从环保和节省运行费考虑，哪种燃料的集中锅炉房宜用在供热规模较大的场所，且热媒以高温水为宜？（　　）

A　燃气　　　B　燃油　　　C　电热　　　D　燃煤

21-51　燃油、燃气锅炉设在高层建筑内时，哪一种布置不正确？（　　）

A　锅炉布置在首层或地下一层　　　B　锅炉可布置在地下二层

C　常压锅炉可布置在地下二层　　　D　负压锅炉可布置在地下二层

21-52　直燃吸收式制冷机用于空调工程时，下面描述的特点，哪一条是错误的？（　　）

A　冷却水量小　　　B　一机多用

C　振动小，噪声小　　　D　用电量小

21-53　对噪声、震动要求较高的大中型制冷机房，用下列中的哪种制冷机合适？（　　）

A　离心式　　　B　活塞式

C　直燃型的吸收式　　　D　蒸汽型吸收式

21-54　破坏地球大气臭氧层的制冷剂介质是（　　）。

A　溴化锂　　　B　氟利昂　　　C　氨　　　D　水蒸气

21-55　制冷机房应尽量靠近冷负荷中心布置，何种制冷机房还应尽量靠近热源？（　　）

A　氟利昂压缩式制冷机　　　B　氨压缩式制冷机

C　空气源热泵机组　　　D　溴化锂吸收式制冷机

21-56　我国北方一县级医院，有供暖用热、卫生热水用热、蒸汽用热，则最佳设备组合为（　　）。

A　1台热水锅炉，1台蒸汽锅炉　　　B　2台蒸汽锅炉

C　1台热水锅炉，2台蒸汽锅炉　　　D　2台热水锅炉，1台蒸汽锅炉

21-57　两台冷水机组的冷冻水泵（一次泵），下列中哪种设备是合适的？（　　）

A　两台相应流量的泵　　　B　两台变频调速泵

C　一台变频调速泵　　　D　一台大流量泵（两台冷水机组冷冻量之和）

21-58　压缩式制冷机由下列哪组设备组成？（　　）

A 压缩机、蒸发器、冷却泵　　B 压缩机、冷凝器、冷却塔
C 冷凝器、蒸发器、冷冻泵　　D 压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀

21-59 在高层住宅的地下室中，设计制冷机房时，应考虑下列几条措施，其中哪一条不对？（　　）
A 机房内应有地面排水设施　　B 制冷机基础应有隔振设施
C 机房墙壁和顶板应做吸声处理　　D 机房四周墙壁应做保温

21-60 在通风管道中能防止烟气扩散的设施是？（　　）
A 防火卷帘　B 防火阀　C 排烟阀　D 手动调节阀

21-61 高度超过 100m 的高层建筑，其电缆井、管道井应每隔几层在楼板处用相当于楼板耐火极限的不燃烧体作防火分隔？（　　）
A 每层　B 每隔 2 层　C 每隔 3 层　D 每隔 4 层

21-62 在排烟支管上要求设置的排烟防火阀起什么作用？（　　）
A 烟气温度超过 280℃自动关闭　　B 烟气温度超过 280℃自动开启
C 烟气温度达 70℃自动关闭　　D 烟气温度达 70℃自动开启

21-63 垂直风管与每层水平风管交接处的水平管段上设什么阀门为宜？（　　）
A 防火阀　B 平衡阀　C 调节阀　D 排烟防火阀

21-64 高层建筑的排烟设施应分为？（　　）
A 机械排烟设施　　B 可开启外窗的自然排烟设施
C 包括 A 和 B　　D 包括 A 和 B 再加上机械加压送风

21-65 高层建筑中，燃油、燃气锅炉房应布置在（　　）。
A 建筑的地下三层靠外墙部位
B 建筑的地下二层靠外墙部位
C 建筑的首层或地下一层靠外墙部位
D 建筑的地上二层靠外墙部位

21-66 某大型商场（吊顶净高小于 6.0m）设置机械排烟系统，以下哪种防烟分区分隔做法是不正确的？（　　）
A 用挡烟垂壁　　B 用隔墙
C 用自动喷水系统　　D 用吊顶下突出 0.5m 的梁

21-67 房间采用自然排烟时，其自然排烟口的设置选用以下哪种位置最好？（　　）
A 房间内墙的下侧部位　　B 房间内墙的上侧部位
C 房间外墙的下侧部位　　D 房间外墙的上侧部位

21-68 居民生活使用的各类用气设备应采用以下何种燃气？（　　）
A 高压燃气　　B 中压燃气
C 低压燃气　　D 中压和低压燃气

21-69 当室内燃气管道穿过楼板、楼梯平台、墙壁和隔墙时，应采取什么做法？（　　）
A 设套管　B 设软接头　C 保温　D 设固定点

21-70 法定热量单位为（　　）。
A W（瓦）　　B kcal/h（千卡/时）
C RT（冷吨）　　D ℃（摄氏度）

21-71 在暖通专业中，压强的法定单位应是（　　）。
A mmH_2O（毫米水柱）　　B Pa（帕）
C kg/m^2（公斤/米^2）　　D mmHg（毫米汞柱）

参 考 答 案

21 - 1	A	21 - 2	A	21 - 3	C	21 - 4	D	21 - 5	A	21 - 6	D
21 - 7	A	21 - 8	D	21 - 9	B	21 - 10	D	21 - 11	A	21 - 12	C
21 - 13	C	21 - 14	A	21 - 15	B	21 - 16	B	21 - 17	B	21 - 18	B
21 - 19	C	21 - 20	A	21 - 21	D	21 - 22	B	21 - 23	C	21 - 24	D
21 - 25	C	21 - 26	C	21 - 27	B	21 - 28	A	21 - 29	D	21 - 30	A
21 - 31	B	21 - 32	D	21 - 33	D	21 - 34	C	21 - 35	A	21 - 36	C
21 - 37	B	21 - 38	D	21 - 39	D	21 - 40	D	21 - 41	D	21 - 42	D
21 - 43	D	21 - 44	A	21 - 45	D	21 - 46	D	21 - 47	D	21 - 48	A
21 - 49	D	21 - 50	D	21 - 51	B	21 - 52	A	21 - 53	D	21 - 54	B
21 - 55	D	21 - 56	B	21 - 57	A	21 - 58	D	21 - 59	D	21 - 60	B
21 - 61	A	21 - 62	A	21 - 63	A	21 - 64	C	21 - 65	C	21 - 66	C
21 - 67	D	21 - 68	C	21 - 69	A	21 - 70	A	21 - 71	B		

第二十二章　建　筑　电　气

第一节　供 配 电 系 统

一、电力系统

发电厂、电力网和电能用户三者组合成的一个整体称为电力系统。

（一）发电厂

发电厂是生产电能的工厂，根据所转换的一次能源的种类，可分为火力发电厂，其燃料是煤、石油或天然气；水力发电厂，其动力是水力；核电站，其一次能源是核能；此外，还有风力发电站、太阳能发电站等。

（二）电力网

输送和分配电能的设备称为电力网。它包括：各种电压等级的电力线路及变电所、配电所。

1. 输电线路

输电线路的作用是把发电厂生产的电能，输送到远离发电厂的广大城市、工厂、农村。

输电线路的额定电压等级为：

500kV、330kV、220kV、110kV、（63）35kV、10kV 和 220/380V。电力网电压在1kV 以上的电压称为高压，1kV 及以下的电压称为低压。在民用建筑中常见的等级电压为 10kV。

2. 变配电所

（1）配电所

配电所是接受电能和分配电能的场所。配电所由配电装置组成。

（2）变电所

变电所是接受电能、改变电能电压和分配电能的场所。变电所按功能分为升压变电所和降压变电所，升压变电所经常与发电厂合建在一起，我们一般说的变电所基本都是降压变电所。变电所由变压器和配电装置组成，通过变压器改变电能电压，通过配电装置分配电能。根据供电对象的不同，变电所分为区域变电所和用户变电所，区域变电所是为某一区域供电，属供电部门所有和管理，用户变电所是为某一用电单位供电，属用电单位所有和管理。

（三）电能用户

在电力系统中一切消耗电能的用电设备均称为电能用户。

用电设备按其用户可分为：

1. 动力用电设备——把电能转换为机械能，例如水泵、风机、电梯等。

2. 照明用电设备——把电能转换为光能，例如各种电光源。

3. 电热用电设备——把电能转换为热能，例如电烤箱、电加热器。

4. 工艺用电设备——把电能转换为化学能，例如电解、电镀。

二、供电的质量

供电质量指标是评价供电质量优劣的标准参数，指标包含电能质量和供电可靠性。

电能质量包括：电压、频率和波形的稳定，使之维持在额定值或允许的波动范围内，保证用户设备的正常运行。供电可靠性用供电可靠率衡量。

（一）电压

电压方面包含电压的偏差、电压的波动、电压的闪变等。

1. 电压偏差

电压偏差是指用电设备的实际端电压偏离其额定电压的百分数，用公式表示为

$$\Delta U\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \tag{22-1}$$

式中 U_N——用电设备的额定电压，kV；

U——用电设备的实际端电压，kV。

产生电压偏差的主要原因是系统滞后的无功负荷所引起的系统电压损失。

正常运行情况下，用电设备端子处电压偏差允许值宜符合下列要求：

（1）电动机为±5%额定电压；

（2）照明：在一般工作场所为±5%额定电压；对于远离变电所的小面积一般工作场所，难以满足上述要求时，可为+5%、−10%额定电压；应急照明、道路照明和警卫照明等为+5%、−10%额定电压。

（3）其他用电设备当无特殊规定时为±5%额定电压。

2. 电压波动

电压波动是由于用户负荷的剧烈变化引起的。电压波动直接影响系统中其他电气设备的运行。

电压波动是指电压在短时间内的快速变动情况，通常以电压幅度波动值和电压波动频率来衡量电压波动的程度。电压波动的幅值为

$$\Delta U\% = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_N} \times 100\% \tag{22-2}$$

式中 U_{max}——用电设备端电压的最大波动值，kV；

U_{min}——用电设备端电压的最小波动值，kV。

3. 电压闪变

电压波动造成灯光照度不稳定（灯光闪烁）的人眼视感反应称为闪变。换言之，闪变反映了电压波动引起的灯光闪烁对人视感产生的影响，电压闪变是电压波动引起的结果。

电压闪变与常见的电压波动不同：其一，电压闪变是指电压波形上一种快速的上升及下降，而波动指电压的有效值以低于工频的频率快速或连续变动；其二，闪变的特点是超高压、瞬时态及高频次。如果直观地从波形上理解，电压的波动可以造成波形的畸变、不

对称、相邻峰值的变化等，但波形曲线是光滑连续的，而闪变更主要的是造成波形的毛刺及间断。

（二）频率偏差

频率偏差是指供电的实际频率与电网的标准频率的差值。

我国电网的标准频率为 50Hz，又叫工频。当电网频率降低时，用户电动机的转速将降低，因而将影响工厂产品的产量和质量。频率变化对电力系统运行的稳定性造成很大的影响。

频率偏差一般不超过±0.25Hz。调整频率的办法是增大或减少电力系统发电机有功功率。

（三）电压波形

电压的波形质量，即三相电压波形的对称性和正弦波的畸变率，也就是谐波所占的比重。

三、电力负荷分级及供电要求

负荷是电厂和电力网服务的对象，要使电厂和电力网工作得合理，首先必须了解负荷的特点和要求。一切消耗电能的设备都是电力系统中的负荷，根据电力负荷对供电可靠性的要求及中断供电对人身安全、经济损失所造成的影响程度进行分级，将其分为三级。

（一）一级负荷

1. 符合下列情况之一时，应视为一级负荷

（1）中断供电将造成人身伤亡时。

（2）中断供电将在经济上造成重大损失时。

（3）中断供电将影响重要用电单位的正常工作。例如，重要电信枢纽、重要的经济信息中心、特级或甲级体育建筑、国宾馆、国家级及承担重大国事活动的会堂、经常用于重要国际活动的大量人员集中的公共场所等的重要用电负荷。

在一级负荷中，当中断供电将造成重大设备损坏或发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷，以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷，应视为一级负荷中特别重要的负荷。

2. 一级负荷的供电要求

（1）一级负荷应由双重电源供电，当一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损坏。

（2）对于一级负荷中特别重要的负荷，应增设应急电源，并严禁将其他负荷接入应急供电系统。

3. 应急电源类型选择

应急电源类型应根据一级负荷中特别重要负荷的容量、允许中断供电的时间以及要求的电源为直流或交流等条件进行选择。

（1）应急电源有以下几种：

1）独立于正常电源的发电机组；

2）供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路；

3）蓄电池；

4）干电池。

（2）根据允许中断供电的时间可分别选择下列应急电源：

1）快速自动启动的应急发电机组，适用于允许中断供电时间为 15～30s 以内的供电；

2）带有自动投入装置、独立于正常电源的专用馈电线路，适用于允许中断供电时间大于电源切换时间的供电；

3）不间断电源装置（UPS），适用于要求连续供电或允许中断供电时间为毫秒级的供电；

4）应急电源装置（EPS），适用于允许中断供电时间为毫秒级的应急照明供电。

（二）二级负荷

1. 符合下列情况之一时，应视为二级负荷

（1）中断供电将在经济上造成较大损失时。

（2）中断供电将影响较重要用电单位的正常工作。

2. 二级负荷的供电要求

二级负荷的供电系统，宜由两回路供电。在负荷较小或地区供电条件困难时，二级负荷可由一回路 6kV 及以上专用的架空线路供电。当采用架空线路时，可为一回路架空线供电；当采用电缆线路时，应采用两根电缆组成的线路供电，其每根电缆应能承受 100％的二级负荷。

（三）三级负荷

不属于一级和二级负荷的电力负荷为三级负荷。三级负荷可按约定供电。

（四）民用建筑中各类建筑物的主要电负荷

民用建筑中各类建筑物的主要电负荷分级应符合《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 中附录 A 的规定。

四、电压选择

用电单位的供电电压应根据用电容量、用电设备特性、供电距离、供电线路的回路数、当地公共电网现状及其发展规划等因素，经技术经济比较而确定。

（1）用电设备容量在 250kW 或需用变压器容量在 160kVA 以上者，应以高压方式供电；用电设备容量在 250kW 或需用变压器容量在 160kVA 以下者，应以低压方式供电，特殊情况也可以高压方式供电。

（2）多数大中型民用建筑以 10kV 电压供电，少数特大型民用建筑以 35kV 电压供电。

例 22-1 （2014） 百级洁净度手术室空调系统用电负荷的等级是：

A　一级负荷中的特别重要负荷　　B　一级负荷

C　二级负荷　　D　三级负荷

提示： 参见《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 附录 A，百级洁净度手术室空调系统用电负荷等级为一级负荷。

答案： B

第二节　配变电所和自备电源

一、配变电设备

（一）变压器

按冷却方式不同分为油浸式、干式。干式分空气绝缘及环氧树脂浇注式、六氟化硫等。一类、二类高层建筑应选用干式（即气体绝缘）非可燃性液体绝缘的变压器。

（二）高压开关柜

柜式成套配电设备。作用：在变电所中控制电力变压器和电力线路，分固定式和手车式。

（三）低压开关柜

低压成套配电装置，用于小于500V的供电系统中，提供电力和照明配电，分固定式和抽屉式。

（四）静电电容器

分为油浸式、干式。高层建筑内应选用干式电容器。其作用是提供无功补偿。

（五）配电箱

配电箱是用户用电设备的供电和配电点，对室内线路起计量、控制、保护作用，属于小型成套电气设备，可分为照明配电箱、电力配电箱。

二、配变电所位置及配电变压器的选择

1. 深入或接近负荷中心。

2. 进出线方便。

3. 接近电源侧。

4. 设备吊装、运输方便。

5. 不应设在有剧烈振动的场所。

6. 不宜设在多尘、水雾（如大型冷却塔）或有腐蚀性气体的场所，如无法远离时，不应设在污染源的下风侧。

7. 不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方或贴邻。

8. 不应设在爆炸危险场所以内和不宜设在火灾危险场所的正上方或正下方，如布置在爆炸危险场所范围以内和布置在与火灾危险场所的建筑物毗连时，应符合《爆炸和火灾危险场所电力装置设计规范》的规定。

9. 配变电所为独立建筑时，不宜设在地势低洼和可能积水的场所。

10. 高层建筑地下层配变电所的位置，宜选择在通风、散热条件较好的场所。

11. 配变电所位于高层建筑的地下层时，应避免洪水或积水从其他渠道淹渍配电所的可能性，不应设在最底层，当地下仅有一层时，应采取适当抬高配电所的地面和防止雨水、消防水等积水的措施。

12. 高层建筑的配变电所。宜设在地下层或首层，当建筑物高度超过100m时，也可在高层区的避难层或上技术层内设置变电所。

13. 设置在民用建筑中的变压器，应选择干式、气体绝缘或非可燃性液体绝缘的变压器。当单台变压器油量为100kg及以上时，应设置单独的变压器室。

14. 在多层建筑物或高层建筑物的裙房中，不宜设置油浸变压器的变电所；当受条件限制必须设置时，应将油浸变压器的变电所设置在建筑物首层靠外墙的部位，且不得设置在人员密集场所的正上方、正下方、贴邻处以及疏散出口的两旁。高层主体建筑内不应设置油浸变压器的变电所。

三、配变电所对建筑的要求及设备布置

1. 变压器室、配电室和电容器室的耐火等级不应低于二级。

2. 民用建筑中配变电所开向建筑内的门应采用甲级防火门，配变电所直接通向室外的门应为丙级防火门。低压配电室与其他场所毗邻时，门的耐火等级应按两者中耐火等级高的确定。

3. 变压器室的通风窗，应采用非燃烧材料。

4. 变压器室及配电装置室门的宽度宜按最大不可拆卸部件宽度加 0.30m，高度宜按不可拆卸部件最大高度加 0.5m。

5. 当配电装置室设在楼上时，应设吊装设备的吊装孔或吊装平台，吊装平台、门或吊装孔的尺寸，应能满足吊装最大设备的需要，吊钩与吊装孔的垂直距离应满足吊装最高设备的需要。

6. 高压配电室和电容器室，宜设不能开启的自然采光窗，窗口下沿距室外地面高度不宜小于 1.8m，临街的一面不宜开窗。

7. 变压器室、配电装置室、电容器室的门应向外开，并装有锁。装有电气设备的相邻房间之间有门时，门应向低压配电室开启。

8. 配变电所各房间经常开启的门窗，不宜直通相邻的酸、碱、蒸汽、粉尘和噪声严重的建筑。

9. 长度大于 7m 的配电装置室应设两个出口，并宜布置在配电室的两端。楼上、楼下均为配电装置室时，位于楼上的配电装置室至少应设置一个出口，通向该层走廊或室外的安全出口。

10. 变压器室、配电装置室、电容器室等应有防止雨、雪和小动物从采光窗、通风窗、门、电缆沟等进入室内的措施。

11. 地上配变电所内的变压器室宜采用自然通风，地下配变电所的变压器室应设机械送排风系统，夏季的排风温度不宜高于 45℃，进风和排风的温差不宜大于 15℃。

12. 变压器室和电容器室尽量避免西晒，控制室、值班室尽可能朝南。

13. 配变电所的电缆沟应采取防水、排水措施。

14. 变压器室、电容器室、配电装置室、控制室内不应有与其无关的管道明敷线路通过。

15. 值班室与高压配电室宜直通或经过通道相通，值班室应有门直接通向户外或通向通道。有人值班的配变电所，宜设卫生间及上、下水设施。

16. 配电装置各回路的相序排列应一致。硬导体的各相应涂色，色别应为：A 相黄色，B 相绿色，C 相红色。绞线可只标明相别。

17. 高压配电装置距室内屋顶（除梁外）的距离不小于 0.8m，距梁底不小于 0.6m。

18. 成排布置的低压配电屏，其长度超过 6m，屏后的通道应设两个出口，并宜布置在通道的两端，当两出口之间的距离超过 15m 时，其间尚应增加出口。

19. 成排布置的低压配电屏，其屏前屏后的通道宽度，不应小于表 22-1 中所列数值。

成排布置的配电屏通道最小宽度（m）　　表 22-1

配电屏种类		单排布置			双排面对面布置			双排背对背布置			多排同向布置			屏侧通道
		屏前	屏后		屏前	屏后		屏前	屏后		屏间	前、后排屏距墙		
			维护	操作		维护	操作		维护	操作		前排屏前	后排屏后	
固定式	不受限制时	1.5	1.0	1.2	2.0	1.0	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	1.0	1.0
	受限制时	1.3	0.8	1.2	1.8	0.8	1.2	1.3	1.3	2.0	1.8	1.3	0.8	0.8
抽屉式	不受限制时	1.8	1.0	1.2	2.3	1.0	1.2	1.8	1.0	2.0	2.3	1.8	1.0	1.0
	受限制时	1.6	0.8	1.2	2.1	0.8	1.2	1.6	0.8	2.0	2.1	1.6	0.8	0.8

注：1. 受限制时是指受到建筑平面的限制，通道内有柱等局部突出物的限制；
2. 屏后操作通道是指需在屏后操作运行中的开关设备的通道；
3. 背靠背布置时屏前通道宽度可按本表中双排背对背布置的屏前尺寸确定；
4. 控制屏、控制柜，落地式动力配电箱前后的通道最小宽度可按本表确定；
5. 挂墙式配电箱的箱前操作通道宽度不宜小于 1m。

20. 配变电所中消防设施的设置：一类建筑的配变电所宜设火灾自动报警及固定式灭火装置，二类建筑的配变电所可设火灾自动报警及手提式灭火装置。

四、柴油发电机房

1. 符合下列情况之一时，宜设自备应急柴油发电机组：

（1）为保证一级负荷中特别重要的负荷用电；

（2）有一级负荷，但从市电取得第二电源有困难或不经济合理时。

2. 机房宜设有发电机间、控制及配电室、燃油准备及处理间、备品备件贮藏间等，可根据具体情况对上述房间进行取舍、合并或增添。

3. 机组宜靠近一级负荷或配变电所设置，不宜设在大型民用建筑的主体内，机房可布置于坡屋、裙房的首层或附属建筑内，应采用耐火极限不低于 2.00h 的隔墙和 1.50h 的楼板与其他部位隔开，门应采用甲级防火门。当布置在地下层时，应处理好通风、排烟、消音和减振等问题。

4. 发电机间、控制室、配电室不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方或贴邻。

5. 机房应有良好的采光和通风，在炎热地区，有条件时宜设天窗，有热带风暴地区天窗应加挡风防雨板或专用双层百叶窗。在北方及风沙较大的地区，应有防风沙侵入的措施。

6. 发电机间应有两个出入口，其中一个出口的大小应满足搬运机组的需要，否则应预留吊装孔。门应采取防火、隔音措施，并应向外开启。发电机间与控制室及配电室之间的门和观察窗应采取防火隔音措施。门应开向发电机间。

7. 贮油间其总储存量不应超过 8.00h 的需要量，当贮油间与机房相连布置时，应在墙上设防火门，并向发电机房间开启。

8. 发电机间、贮油间宜做水泥压光地面，并应有防止油、水渗入地面的措施，控制室宜做水磨石地面。

9. 机房内的噪声应符合国家噪声标准规定，当机房噪声控制达不到要求时，应通过

计算做消声、隔声处理。

10. 机组基础应采取减振措施，当机组设置在主体建筑内或地下层时，应防止与房屋产生共振现象。柴油机基础应采用防油浸的措施，可设置排油污的沟槽。

11. 机房内的管沟和电缆应有 0.3％的坡度和排水、排油措施，沟边缘应做挡油处理。

12. 机房各工作间火灾危险性类别与耐火等级见表 22-2。

机房各工作间火灾危险性类别与耐火等级 **表 22-2**

序号	名　称	火灾危险性类别	耐火等级
1	发电机间	丙	一级
2	控制与配电室	戊	二级
3	贮油间	丙	一级

13. 柴油发电机房应设置火灾报警装置，应设置灭火设施。当建筑内其他部位设置自动喷水灭火系统时，机房内应设置自动喷水灭火系统。

例 22-2 （2014） 地上变电所中的下列房间，对通风无特殊要求的是：

A 低压配电室　　B 柴油发电机房

C 电容器室　　D 变压器室

提示：《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 中，对柴油发电机房、电容器室、变压器室的通风均有特殊要求。第 6.1.3 条：柴油发电机房宜利用自然通风排除发电机房的余热，当不能满足温度要求时，应设置机械通风装置。第 4.10.1 条：地上配变电所内的变压器室宜采用自然通风，地下配变电所的变压器室应设机械送排风系统，夏季的排风温度不宜高于45℃，通风和排风的温差不宜大于15℃。第 4.10.2 条：电容器室应有良好的自然通风，通风量应根据电容器温度类别按夏季排风温度不超过电容器所允许的最高环境空气温度计算。当自然通风不能满足排热要求时，可增设机械通风。

答案：A

第三节　民用建筑的配电系统

一、配电方式

民用建筑的配电方式有：放射式、树干式、双树干式、环行（环式）、链式及其他方式的组合。

（一）高压配电方式

1. 高压单回路放射式（图 22-1）

此方式一般用于配电给二、三级负荷或专用设备，但对二级负荷供电时，尽量要有备用电源，如另有独立备用电源时，则可供电给一级负荷。

2. 高压双回路放射式（图 22-2）

此方式线路互为备用，用于配电给二级负荷，电源可靠时，可供给一级负荷。

3. 树干式

（1）单回路树干式（图 22-3）

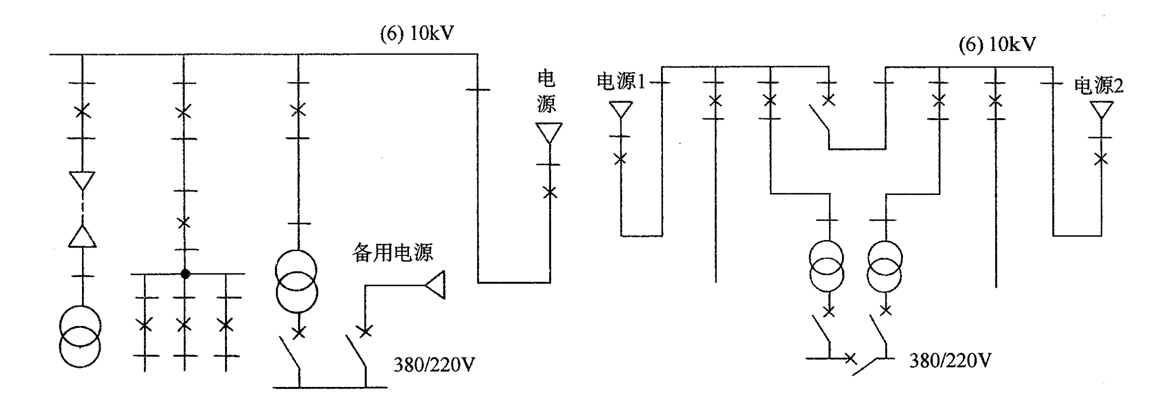


图 22-1　单回路放射式　　　　图 22-2　双回路放射式

一般用于三级负荷，每条线路装接的变压器约 5 台以内，总容量不超过 2000kVA。

（2）单侧供电双回路树干式（图 22-4）

供电可靠性稍低于双回路放射式，但投资少，一般用于二、三级负荷，当供电电源可靠时，也可供电给一级负荷。

4. 单侧供电环式（开环）（图 22-5）

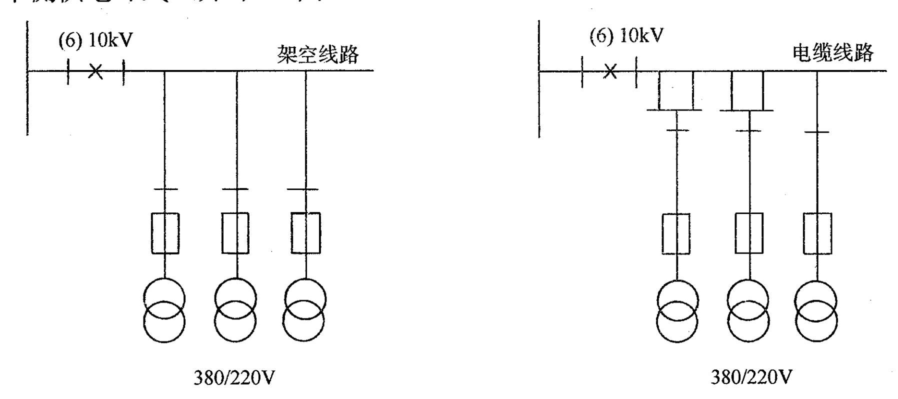


图 22-3　单回路树干式

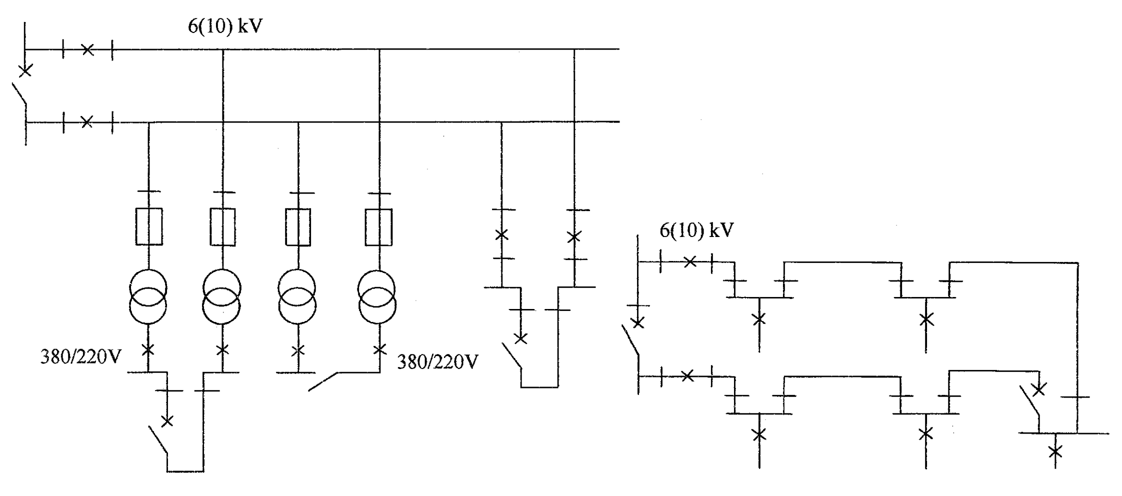


图 22-4　单侧供电双回路树干式　　　　图 22-5　单侧供电环式（开环）

用于对二、三级负荷供电，一般两回路电源同时工作开环运行，也可一用一备开环运行，供电可靠性较高，电力线路检修时可切换电源，故障时可切换故障点，但保护装置和整定配合都比较复杂。

（二）低压配电方式

1. 低压放射式（图 22-6）

配电线路故障互不影响，供电可靠性高，配电设备集中，检修比较方便。系统灵活性较差，消耗有色金属较多。一般用于容量大、负荷集中或重要的用电设备，需要集中连锁启动、停车的设备，有腐蚀性介质和爆炸危险等场所不宜将配电及保护启动设备放在现场者。

2. 低压树干式（图 22-7）

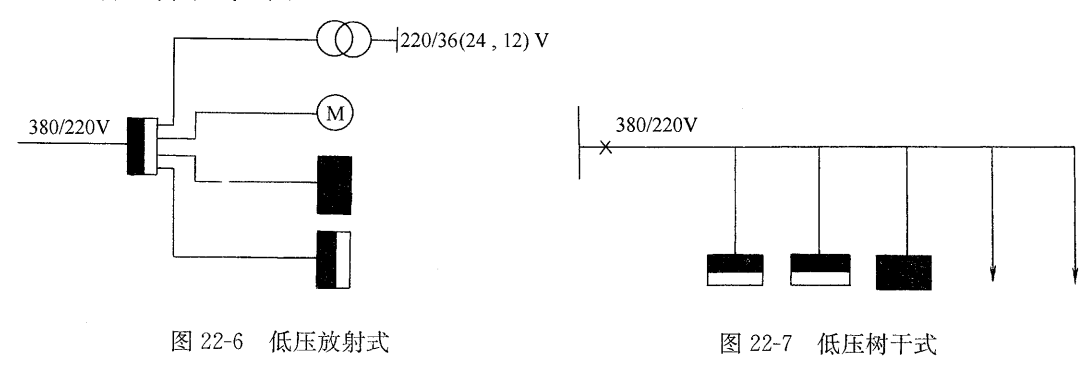


图 22-6 低压放射式　　图 22-7 低压树干式

系统灵活性好，消耗有色金属较少，干线故障时影响范围大，一般用于用电设备布置比较均匀，容量不大，又无特殊要求的场所。

3. 低压链式（图 22-8）

用于远离配电屏而彼此相距又较近的不重要的小容量用电设备。链接的设备一般不超过 5 台，总容量不超过 10kW。

4. 低压环式（图 22-9）

两回电源同时工作开环运行，供电可靠性较高，运行灵活，故障时可切除故障点。

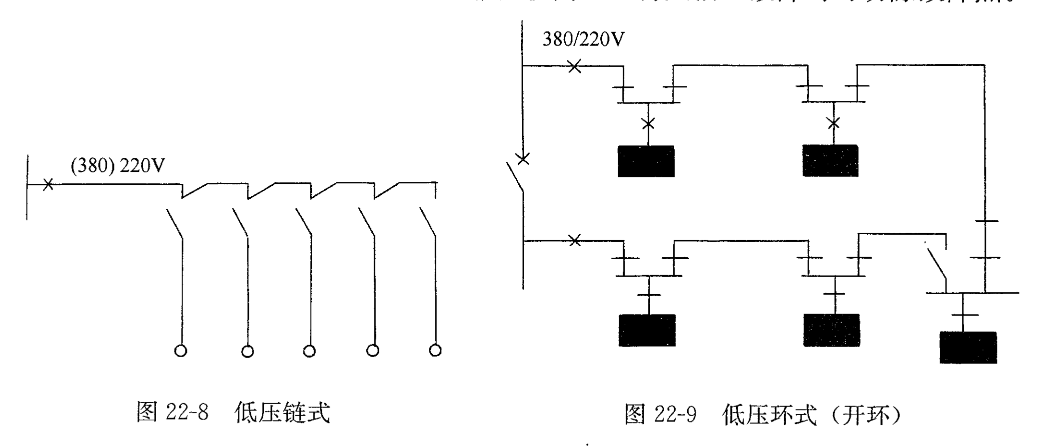


图 22-8 低压链式　　图 22-9 低压环式（开环）

5. 在多层建筑物内，由总配电箱至楼层配电箱宜采用树干式配电或分区树干式配电。对于容量较大的集中负荷或重要用电设备，应从配电室以放射式配电；楼层配电箱至用户

配电箱应采用放射式配电。在高层建筑物内，向楼层各配电点供电时，宜采用分区树干式配电；由楼层配电间或竖井内配电箱至用户配电箱的配电，应采取放射式配电；对部分容量较大的集中负荷或重要用电设备，应从变电所低压配电室以放射式配电。

二、配电系统

（一）高压配电系统

高压配电系统宜采用放射式，根据具体情况也可采用环式、树干式或双树干式。

（1）一般按占地 $2km^2$ 或按总建筑面积 $4\times10^5m^2$ 设置一个 10kV 配电所。当变电所在六个以上时，也可设置一个 10kV 配电所。变电所的设置要考虑 220/380V 低压供电半径不超过 250m。

（2）大型民用建筑宜分散设置配电变压器，即分散设置变电所。

1）单体建筑面积大或场地大，用电负荷分散；

2）超高层建筑；

3）大型建筑群。

（二）低压配电系统

1. 带电导体系统的形式

带电导体系统的形式，宜采用单相二线制、两相三线制、三相三线制、三相四线制、如图 22-10～图 22-12 所示。

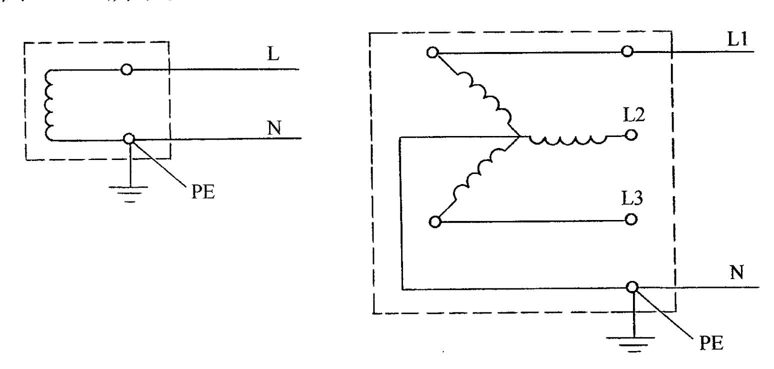
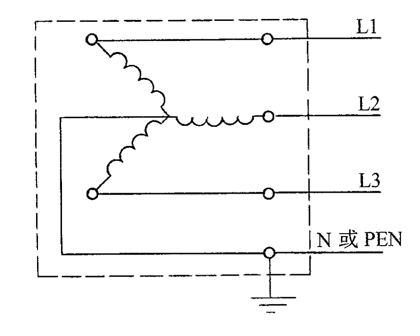
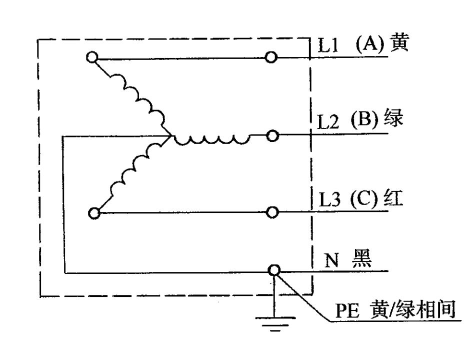


图 22-10　单相二线制





注：左图中去掉 N 线，即为三相三线制。

图 22-11　三相四线制

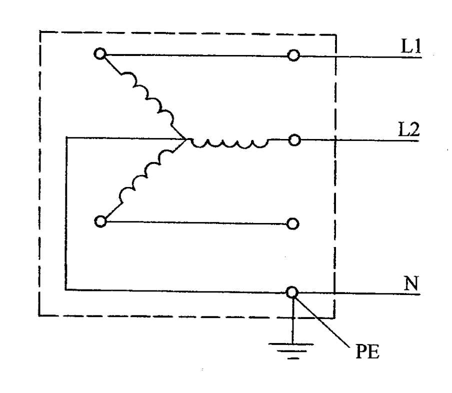


图 22-12　两相三线制

由地区公共低压电网供电的 220V 负荷，线路电流不超过 60A 时，可用 220V 单相供电，否则应以 220/380V 三相四线制供电。

2. 低压配电系统

住宅建筑每户用电负荷指标见表 22-3。

(1) 多层公共建筑及住宅

1) 照明、电力、消防及其他防灾用电负荷，应分别自成配电系统。

2) 电源可采用电缆埋地或架空进线，进线处应设置电源箱，箱内应设置总开关电器。

每套住宅用电负荷和电能表的选择　　表 22-3

套型	建筑面积 S (m^2)	用电负荷 (kW)	电能表（单相）(A)
A	$S \leqslant 60$	3	5 (20)
B	$60 < S \leqslant 90$	4	10 (40)
C	$90 < S \leqslant 150$	6	10 (40)

3) 当用电负荷容量较大或用电负荷较重要时，应设置低压配电室，对容量较大和较重要的用电负荷宜从低压配电室以放射式配电。

4) 由低压配电室至各层配电箱或分配电箱，宜采用树干式或放射与树干相结合的混合式配电。

5) 多层住宅的垂直配电干线，宜采用三相配电系统。

(2) 高层公共建筑及住宅

1) 高层公共建筑的低压配电系统，应将照明、电力、消防及其他防灾用电负荷分别自成系统。

2) 对于容量较大的用电负荷或重要用电负荷，宜从配电室以放射式配电。

3) 高层公共建筑的垂直供电干线，可根据负荷重要程度、负荷大小及分布情况，采用封闭式母线槽供电的树干式配电、电缆干线供电的放射式或树干式配电、分区树干式配电等方式供电。

4) 高层住宅的垂直配电干线，应采用三相配电系统。

3. 低压配电系统的接地形式

低压配电系统的接地形式，有以下三种形式：

(1) TN 系统：

1) TN-S 系统（图 22-13）；

2) TN-C 系统（图 22-14）；

3) TN-C-S 系统（图 22-15）。

(2) TT 系统（图 22-16）。

(3) IT 系统（图 22-17）。

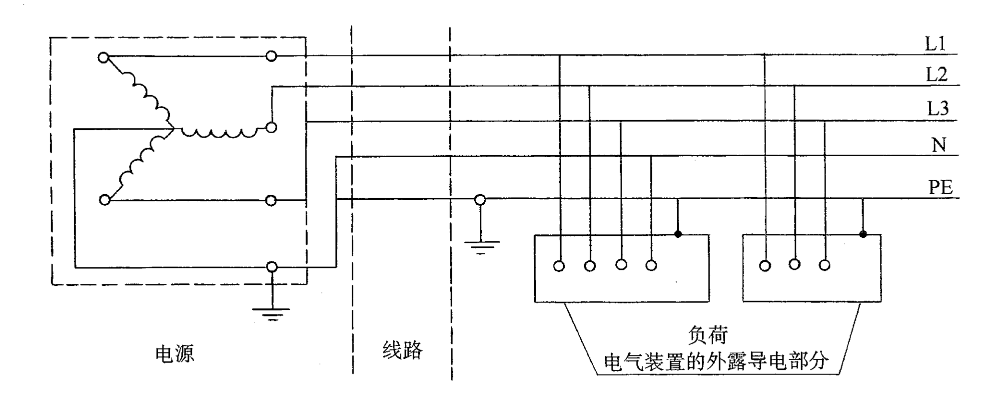


图 22-13　TN-S 系统：整个系统的中性线 N 和保护线 PE 是分开的

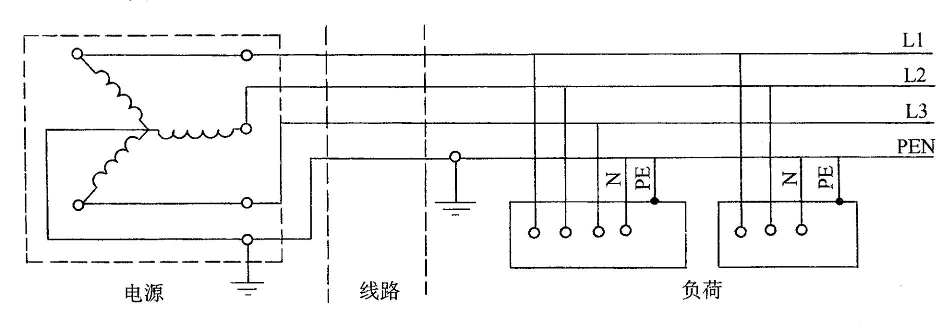


图 22-14　TN-C 系统：N 线和 PE 线是合在一起的

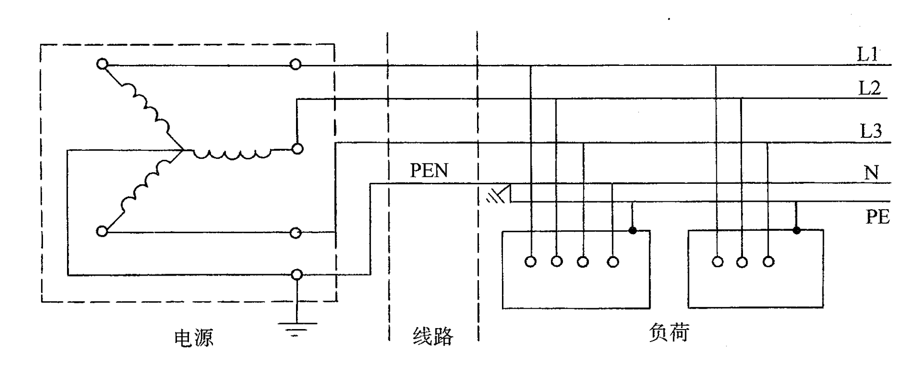


图 22-15　TN-C-S 系统：系统中有一部分 N 线和 PE 线是合一的

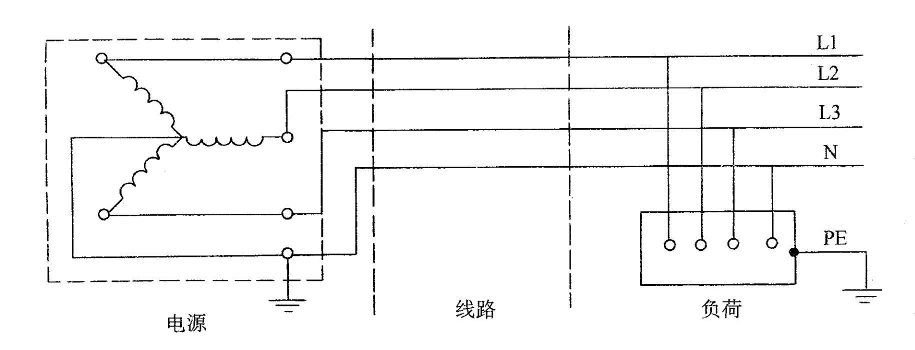


图 22-16　TT 系统

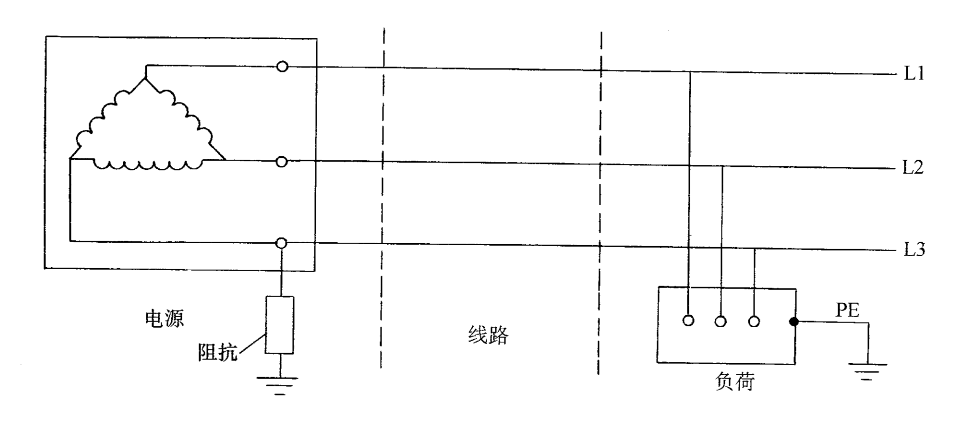


图 22-17　I T 系统

（三）特低电压配电

额定电压为交流 50V 及以下的配电，称为特低电压配电。特低电压可分为安全特低电压及保护特低电压。

1. 特低电压电源

（1）安全隔离变压器；

（2）安全等级相当于安全隔离变压器的电源；

（3）电化电源或与电压较高的回路无关的其他电源；

（4）符合相应标准的某些电子设备。

2. 特低电压配电

（1）特低电压配电回路的带电部分与其他回路之间应具有基本绝缘；

（2）安全特低电压回路的带电部分应与地之间具有基本绝缘；

（3）保护特低电压回路和设备外露可导电部分应接地。

3. 系统的插头及插座敷设要求

（1）插头必须不可能插入其他电压系统的插座内；

（2）插座必须不可能被其他电压系统的插头插入；

（3）安全特低电压系统的插头和插座不得设置保护导体触头。

4. 特低电压宜应用场所及范围

（1）潮湿场所（如喷水池、游泳池）内的照明设备；

（2）狭窄的可导电场所；

（3）正常环境条件使用的移动式手持局部照明；

（4）电缆隧道内照明。

三、配电线路

3～10kV 的配电线路为高压配电线路（简称高压线路），1kV 及以下的配电线路称为低压配电线路（简称低压线路）。

（一）室外线路

1. 架空线路

高压线路的导线，应采用三角排列或水平排列；低压线路的导线，宜采用水平排列。高、低压线路宜沿道路平行架设，电杆距路边可为 0.5～1m。接户线在受电端的对地距

离，高压接户线不应小于 4m，低压接户线不应小于 2.5m。线路跨越建筑物时，导线与建筑物的垂直距离，在最大计算弧垂的情况下，高压线路不应小于 3m，低压线路不应小于 2.5m。线路接近建筑物时，线路的边导线在最大计算风偏情况下，与建筑物的水平距离，高压不应小于 1.50m，低压不应小于 1m。导线与地面的距离，最大弧垂情况下，不应小于表 22-4 的规定。

室外架空线路导线与地面最小距离 **表 22-4**

线路通过地区	线路电压	
	高压	低压
居民区	6.50m	6.0m
非居民区	5.50m	5.0m
交通困难地区	4.50m	4.0m

2. 电缆线路

(1) 埋地敷设。沿同一路径敷设，6 根及以下且现场有条件时，应埋设于冻土层以下，北京地区为 0.7m，其他非寒冷地区，敷设的深度不应小于 0.7m。

(2) 电缆排管敷设。沿同一路径敷设，7～12 根时，宜采用电缆排管敷设。

(3) 电缆沟敷设。沿同一路径敷设，13～18 根时，宜采用电缆沟敷设。

(4) 电缆隧道敷设。沿同一路径敷设，多于 18 根时，宜采用电缆隧道敷设。

(5) 电缆沟在进入建筑物处应设防火墙。电缆隧道进入建筑物及配变电所处，应设带门的防火墙，此门应为甲级防火门并应装锁；电缆沟和电缆隧道底部应做不小于 0.5%的坡度坡向集水坑（井）；电缆隧道的净高不宜低于 1.9m，局部或与管道交叉处净高不宜小于 1.4m；隧道内应有通风设施，宜采取自然通风；电缆隧道应每隔不大于 75m 的距离设安全孔（人孔），安全孔距隧道的首、末端不宜超过 5m，安全孔的直径不得小于 0.7m；电缆隧道内应设照明，其电压不宜超过 36V，当照明电压超过 36V 时，应采取安全措施；与电缆隧道无关的其他管线不宜穿过电缆隧道。

（二）室内线路

敷设方式可分为明敷设——导线直接或在管子、线槽等保护体内，敷设于墙壁、顶棚的表面及桁架、支架等处。暗敷设——导线在管子、线槽等保护体内，敷设于墙壁、顶棚、地坪及楼板等内部，或者在混凝土板孔内敷线。

布线用的塑料管、塑料线槽及附件，应采用氧气指数 27 以上的难燃型产品。

布线用各种电缆、电缆桥架、金属线槽及封闭式母线在穿越防火分区楼板、隔墙时，其空隙应采用相当于建筑构件耐火极限的不燃烧材料填塞密实。

1. 直敷布线

直敷布线可用于正常环境室内场所和挑檐下的室外场所。直敷布线应采用护套绝缘电线，其截面不宜大于 $6mm^2$。

建筑物顶棚内、墙体及顶棚的抹灰层、保温层及装饰面板内，不得采用直敷布线。

直敷布线在室内敷设时，电线水平敷设至地面的距离不应小于 2.5m，垂直敷设至地面低于 1.8m 部分应穿导管保护。

2. 金属导管布线

金属导管布线宜用于室内外场所，不宜用于对金属导管有严重腐蚀的场所。

穿导管的绝缘电线，其总截面积不应超过导管内截面积的40%。

穿金属导管的交流线路，应将同一回路的所有相导体和中性导体穿于同一根导管内。不同回路的线路能否共管敷设，应根据发生故障的危害性和相互之间在运行和维修时的影响决定。

3. 金属槽盒布线

金属槽盒布线宜用于正常环境的室内场所明敷，封闭式金属槽盒，可在建筑顶棚内敷设。有严重腐蚀的场所不宜采用金属槽盒。

同一配电回路的所有相导体和中性导体，应敷设在同一金属槽盒内。

同一路径的不同回路可共槽敷设。槽盒内电线或电缆的总截面不应超过其截面的40%，载流导体不宜超过30根。槽盒内非载流导体总截面不应超过其截面的50%，电线或电缆根数不限。

4. 刚性塑料导管（槽）布线

用于室内场所和有酸碱腐蚀性介质的场所，在高温和易受机械损伤的场所不宜采用明敷设。塑料导管按其抗压、抗冲击及弯曲等性能分为重型、中型及轻型三种类型。

暗敷于墙内或混凝土内的刚性塑料导管，应选用中型及以上管材。

布线时，绝缘电线总截面积不应超过导管内截面积的40%。同一路径的无电磁兼容要求的配电线路，可敷设于同一线槽内。线槽内电线或电缆的总截面积及根数同金属线槽布线的规定。不同回路的线路能否共管敷设，应根据发生故障的危害性和相互之间在运行和维修时的影响决定。

5. 室内电缆敷设

室内电缆敷设应包括电缆在室内沿墙及建筑构件明敷设、电缆穿金属导管埋地暗敷设。

无铠装的电缆在室内明敷时，水平敷设至地面的距离不宜小于2.5m；垂直敷设至地面的距离不宜小于1.8m。除明敷在电气专用房间外，当不能满足上述要求时，应有防止机械损伤的措施。

室内埋地暗敷，或通过墙、楼板穿管时，其穿管的内径不应小于电缆外径的1.5倍。

6. 电缆桥架布线

此种方法用于电缆数量较多，或较集中的场所。桥架水平敷设时，距地高度一般不宜低于2.50m；垂直敷设时，距地1.80m以下应加金属盖板保护。架桥穿过防火墙及防火楼板时，应采取防火隔离措施。

7. 封闭式母线布线

电流在400A至2000A，采用封闭式母线布线。水平敷设时，至地面的距离不应低于2.20m；垂直敷设时，距地面1.80m，以下部分采取防止机械损伤的措施。封闭母线穿过防火墙及防火楼板时，应采取防火隔离措施。

8. 竖井布线

竖井布线一般适用于多层和高层建筑内强电及弱电垂直干线的敷设。

竖井的位置和数量应根据建筑物规模、用电负荷性质、供电半径、建筑物的沉降缝设置和防火分区等因素确定，选择竖井位置时，应考虑下列因素：

（1）靠近用电负荷中心。

（2）不得和电梯井、管道井共用同一竖井。

(3) 避免临近烟道，热力管道及其他散热量大或潮湿的设施。

(4) 在条件允许时宜避免与电梯井及楼梯间相邻。

(5) 竖井的井壁应是耐火极限不低于 1 小时的非燃烧体，竖井在每层楼应设维护检修门并应开向公共走廊，其耐火等级不应低于丙级。楼层间应做防火密封隔离，电缆和绝缘线在楼层间穿钢管时，两端管口空隙应做密封隔离。

(6) 竖井大小除满足布线间隔及端子箱、配电箱布置所必需的尺寸外，并宜在箱体前留有不小于 0.80m 的操作、维护距离。

(7) 竖井内高压、低压和应急电源的电气线路，相互之间应保持 0.3m 及以上的距离或采用隔离措施。

(8) 向电梯供电的电源线路，不应敷设在电梯井道内。除电梯的专用线路外，其他线路不得沿电梯井道敷设。

9. 地面内暗装金属槽盒布线

此方式适用于正常环境下大空间，且隔断变化多，用电设备移动性大或敷设有多种功能线路的场所，暗敷于现浇混凝土地面、楼板或楼板垫层内。

10. 消防布线见本章第六节第十条。

例 22-3 (2014) 高层建筑中向屋顶通风机供电的线路，其敷设路径应选择：

A 沿电气竖井　　　　B 沿电梯井道

C 沿给排水井道　　　D 沿排烟管道

提示： 见《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 第 8.12.2 条：电气竖井内布线不应和电梯井、管道井共用同一竖井。

答案： A

第四节 电 气 照 明

电气照明就是将电能转换为光能，用电气照明可创造一个良好的光环境，以满足建筑物的功能要求。

一、照明的基本概念

（一）光

光是一种电磁辐射能，它在空间以电磁波的形式传播。光波的频谱很宽，波长为 380～780nm（$1nm=10^{-9}m$）的光为可见光，作用于人的眼睛时能产生视觉。不同波长的光呈现不同的颜色，780～380nm 依次变化时会出现红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种不同的颜色。七种光混合在一起即为白色光。小于 380nm 的叫紫外线，大于 780nm 的叫红外线。

（二）光通量

光源在单位时间内向四周空间发射的、使人产生光感觉的能量，称为光通量，单位是流明（lm）。

（三）发光强度

光通量的空间密度，即单位立体角内的光通量，叫发光强度，称为光强，单位是坎德

拉（cd），1cd=1lm/sr。

（四）亮度

发光（或反光）的物体单位面积上向视线方向发出的光通量，称为该物体的亮度，单位是坎德拉每平方米（cd/m^2）。

（五）照度

是单位受光面积内的光通量，单位是勒克斯（lx），$1lx=1lm/m^2$。

（六）色温

光源发射的光的颜色与黑体在某一温度下的光色相同时，黑体的温度称为该光源的色温。符号以 T_e表示，单位为开（K）。光线的运用无不与色温有关，色温低，红色成分多，色温高，蓝色成分多。当我们用色温来表明光源色时，它只是一种标志、符号，与实际温度无关。

（七）相关色温

黑体辐射的色度与所研究的光源色度最接近时，黑体的温度定义为该光源的相关色温。符号以 T_{cp}表示，单位为开（K）。

（八）眩光

若视野内有亮度极高的物体或强烈的亮度对比，则可引起不舒适或造成视觉降低的现象，称为眩光。

（九）显色指数

在规定条件下，由光源照明的物体色与由标准光源照明时相比较，表示物体色在视觉上的变化程度的参数。

（十）明暗适应

当光的亮度不同时，对人的视觉器官感受性也不同，亮度有较大变化时，感受性也随着变化，这种感受性对光刺激的变化的顺应性称为适应。眼睛从暗到亮时亮度适应快，而从亮到暗时亮度适应慢。

二、照度标准分级

0.5lx、1lx、2lx、3lx、5lx、10lx、15lx、20lx、30lx、50lx、75lx、100lx、150lx、200lx、300lx、500lx、750lx、1000lx、1500lx、2000lx、3000lx、5000lx，此标准值是指工作或生活场所，所参考平面上的维持平均照度值。当没有其他规定时，一般把室内照明的工作面假设为离地面 0.75m 高的水平面。

三、照明质量

良好的照明质量能最大限度地保护视力，提高工作效率，保证工作质量，为此必须处理好影响照明的几个因素。

（一）照明均匀度

它是规定工作面（参考面）上的最低照度与平均照度之比值，符号是 U_0。

1. 办公室、阅览室等工作房间，其值不应小于 0.6。
2. 作业面邻近周围照度可低于作业面照度，但不低于表 22-5 的数值。
3. 作业面背景区域一般照明的照度不宜低于作业面邻近周围照度的 1/3。

作业面区域、作业面邻近周围区域、作业面背景区域关系见图 22-18。

作业面邻近周围照度　　表 22-5

工作面照度（lx）	作业面邻近周围照度（lx）
⩾750	500
500	300
300	200
⩽200	与作业面照度相同

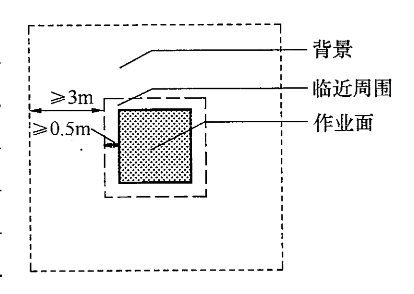


图 22-18　作业面区域、邻近周围区域和背景之间的关系

（二）眩光限制

统一眩光值（UGR）是评价室内照明不舒适眩光的量化指标，它是度量处于视觉环境中的照明装置发出的光对人眼引起不舒适感主观反应的心理参量，UGR 值可分为 28、25、22、19、16、13、10 七档值。28 为刚刚不可忍受，25 为不舒适，22 为刚刚不舒适，19 为舒适与不舒适的界限，16 为刚刚可接受，13 为刚刚感觉到，10 为无眩光感觉。在《建筑照明设计标准》GB 50034 中多数采用 25、22、19 的 UGR 值。

眩光分为直接眩光和反射眩光。长期工作或停留的房间或场所，为限制视野内过高亮度或亮度对比引起的直接眩光，选用的直接型灯具的遮光角（图 22-19）不应小于表 22-6 的数值。

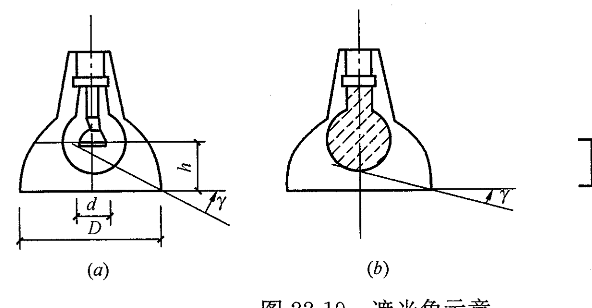


图 22-19　遮光角示意

（a）透明玻璃壳灯泡；（b）磨砂或乳白玻璃壳灯泡；（c）格栅灯

直接型灯具的遮光角　　表 22-6

光源平均亮度（kcd/m²）	遮光角（°）
1～20	10
20～50	15
50～500	20
⩾500	30

（三）光源颜色

光源色表根据其相关色温分为三类，见表 22-7；光源的显色指数见表 22-8。

光源色表特征及适用场所　　表 22-7

相关色温（K）	色表特征	适用场所
＜3300	暖	客房、卧室、病房、酒吧……
3300～5300	中间	办公室、教室、阅览室、商场、诊室、检验室、实验室、控制室、机加工车间、仪表装配……
＞5300	冷	热加工车间、高照度场所

光源的显色指数　　表 22-8

显色指数分组	一般显色指数（R_a）	类属光源示例	适用场所
Ⅰ	$R_a>80$	白炽灯、卤钨灯、三基色荧光灯	手术室、营业厅、多功能厅、科室、展厅、酒吧
Ⅱ	$60\leqslant R_a\leqslant 80$	荧光灯、金属卤化物灯	办公室、教室、阅览室、自选商场、厨房

续表

显色指数分组	一般显色指数（R_a）	类属光源示例	适用场所
Ⅲ	$40 \leq R_a < 60$	荧光高压汞灯	库房、室外门廊
Ⅳ	$R_a < 40$	高压钠灯	室外道路照明

工作房间内表面反射比　　表 22-9

表面名称	反射比
顶棚	0.6～0.9
墙面	0.3～0.8
地面	0.1～0.5

（四）反射比

限制反射比其目的在于使视野内的亮度分布控制在眼睛能适应的水平。

长时间工作的房间，作业面的反射比宜限制在 0.2～0.6。

长时间工作，工作房间内表面反射比宜按表 22-9 选取。

四、照明方式与种类

（一）照明方式

室内照明方式可分为一般照明、分区一般照明、混合照明和重点照明。

1. 不固定或不适合装局部照明的场所，应设置一般照明；
2. 同一场所内的不同区域有不同照度要求时，宜设置分区一般照明；
3. 一般照明或分区一般照明不能满足照度要求的场所，应增设局部照明；
4. 所有的工作房间不应只设局部照明；
5. 在一些场所，为凸显某些特定的目标，应设置重点照明。

（二）照明种类

照明种类可分为正常照明、应急照明、值班照明、警卫照明、景观照明和障碍照明。

应急照明包括备用照明（供继续和暂时继续工作的照明）、疏散照明和安全照明。

（三）应急照明的照度和设置

1. 疏散走道的地面最低水平照度不应低于 1lx，人员密集场所、避难层（间）的地面最低水平照度不应低于 3lx，楼梯间、前室或合用前室、避难走道的地面最低水平照度不应低于 5lx，需要救援人员协助疏散的场所，地面最低水平照度不应低于 5lx。疏散照明灯具宜设在疏散出口的顶部或疏散走道上部或顶棚，走道上的疏散指示标志灯应设置在距地 1m 以下的墙面或地面上，其间距不宜大于 20m，袋形走道不应大于 10m，走道转角区不应大于 1m。

2. 工作场所内安全照明的照度不宜低于该场所一般照明照度的 10%，且不应低于 15lx。

3. 备用照明的照度不应低于一般照明照度的 10%，当仅作为事故情况下短时使用可为 5%。消防控制室、消防水泵房、自备发电机房、配电室、防烟与排烟机房以及发生火灾时仍需正常工作的其他房间的消防应急照明，仍应保持正常照明的照度。备用照明应设置在墙面的上部或顶棚上。

4. 影院、剧场、体育馆、多功能礼堂等场所的安全出口和疏散口，应装设指示灯。

5. 高层建筑内的乘客电梯，轿厢内应有应急照明，连续供电时间不少于 20min。轿厢内的工作照明灯数不应少于两个，轿厢底面的照度不应小于 5lx。

6. 建筑内消防应急照明和灯光疏散指示标志的备用电源的连续供电时间：建筑高度大于 100m 的民用建筑，不应小于 1.5h；医疗建筑、老年人建筑、总建筑面积大于 100000m^2 的公共建筑和总建筑面积大于 20000m^2 的地下、半地下建筑，不应少于 1.0h；其他建筑，不应少于 0.5h。

（四）值班照明

可利用正常照明中能单独控制的一部分或备用照明的一部分或全部。

（五）警卫照明

有警戒任务的场所，应根据警戒范围的需要装设警卫照明。

（六）障碍照明

航空障碍标志灯的装设应符合下列要求：

1. 水平、垂直距离不宜大于 45m；

2. 应装设在建筑物或构筑物的最高部位。当制高点平面面积较大或为建筑群时，除在最高端装设障碍标志灯外，还应在其外侧转角的顶端分别设置；

3. 在烟囱顶上设置障碍标志灯时宜将其安装在低于烟囱口 1.5～3m 的部位并成三角水平排列。

（七）景观照明

灯光的设置应能表现建筑物或构筑物的特征，并能显示出建筑的立体感。景观照明通常采用泛光灯。一般可采用在建筑物自身或在相邻建筑物上设置灯具的布灯方式；或是将两种方式相结合。也可以将灯具设置在地面绿化带中。整个建筑物或构筑物受光面的上半部的平均亮度宜为下半部的 2～4 倍。

（八）路灯照明

室外照明主要是路灯照明，光源宜采用高压汞灯、高压钠灯、节能灯等。路灯伸出路牙宜为 0.6～1.0m，路灯的水平线上的仰角宜为 5°，路面亮度不宜低于 1cd/m^2。路灯安装高度不宜低于 4.5m，路灯杆间距为 25～30m，进入弯道处的灯杆间距应适当减小。路灯的照度均匀度（最小照度与最大照度之比）宜为 1∶10～1∶15 之间。住宅区道路的平均照度为 1～2lx。

庭院灯的高度可按 0.6B（单侧布灯时）～12B（双侧对称布灯时）选取，但不宜高于 3.5m，庭院灯杆间距为 15～25m。

注：B—道路宽度。

五、光源及灯具

（一）光源

照明常用的光源基本上有两大类，一类是热辐射光源，如白炽灯、卤钨灯；另一类是气体放电光源，如荧光灯、高压汞灯、钠灯、金属卤化物灯等。近年来半导体照明技术快速发展，然而产品尚未成熟，目前发光二极管灯还不是室内照明应用中的主流照明产品。

光源的确定，应根据使用场所的不同，合理地选择光源的光效、显色性、寿命、启燃时间和再启燃时间等光电特性指标，以及环境条件对光源光电参数的影响。

1. 白炽灯

白炽灯能迅速点燃，不需要启动时间，能频繁开关，显色指数高，95<R_a<100，有良好的调光性能，防止电磁波干扰，光效低（40W 的灯泡 8.81m/W），寿命短（平均1000h）。主要用于对电磁干扰有严格要求且其他光源无法满足的特殊场所。

2. 荧光灯

广泛使用于工业和民用建筑照明设计中。

（1）普通荧光灯。光效比白炽灯高（40W 的灯管 50lm/W），显色性较好，60<R_a<72，寿命长（平均 5000h）。RR 型为日光色（色温为 6500K），RL 型为冷白色（色温4000K），RN 型为暖白色（色温 3000K）。

（2）三基色荧光灯。光效高（100lm/W），显色性好，R_a>80，色温高（3200～5000K），寿命长（12000～15000h）。通常情况下，灯具安装高度低于 8m 的房间，宜采用细管直管形三基色荧光灯。

3. 金属卤化物灯

如日光色镝灯，光效高（72lm/W），显色性好，65<R_a<90，色温高（5000～7000K），寿命长（5000～10000h）。用于体育场（馆）、广场、街道、大型建筑物、展览馆等。

4. 钠灯

光效高（100～140lm/W），寿命长（12000～24000h），光色柔和，体积小，透雾性强，辨色能力差，R_a=23/60/85，色温低（2100K）。广泛使用于公路、街道、车站、住宅区、商业中心、货场、矿区等辨色要求不高的高大空间。

（二）灯具

不包括光源在内的配照器及附件。灯具的作用有以下几点：

1. 对光源发出的光通量进行再分配；

2. 保护和固定光源；

3. 装饰美化环境。

灯具可分为吸顶式灯、嵌入式灯、悬挂式灯、花灯、壁灯、防潮灯、防爆灯、水下灯等。

（三）灯具的选择

优先选用直射光通比例高、控光性能合理的高效灯具。

1. 室内用直管型荧光灯灯具，开敞式不低于 75%，有透明保护罩不低于 70%，装有遮光格栅时不低于 65%。室外灯具不应低于 40%，但室外投光灯灯具的效率不宜低于 55%。

2. 根据使用场所不同，采用控光合理的灯具，如多平面反光镜定向射灯、蝙蝠翼式配光灯具、块板式高效灯具等。

3. 选用控光器变质速度慢、配光特性稳定、反射和透射系数高的灯具。

4. 灯具的结构和材质应易于维护清洁和更换光源。

5. 利用功率消耗低、性能稳定的灯具附件。

（四）照明节能

照明节能应该是在满足规定的照度和照明质量要求的前提下进行考核，采用一般照明

的照明功率密度值（LPD）作为建筑节能评价指标，单位为 W/m^2。在 GB 50034 中规定了不同建筑中的不同房间或场所的照明功率密度限值。

1. 一般规定

（1）应在满足规定的照度水平和照明质量要求的前提下，进行照明节能评价。

（2）照明节能应采用一般照明的照明功率密度值（LPD）作为评价指标。

（3）照明设计的房间或场所的照明功率密度应满足《建筑照明设计标准》第 6.3 节规定的现行值的要求。

2. 照明节能措施

（1）选用的照明光源、镇流器的能效应符合相关能效标准的节能评价值。

（2）照明场所应以用户为单位计量和考核照明用电量。

（3）一般场所不应选用卤钨灯，对商场、博物馆显色要求高的重点照明可采用卤钨灯。

（4）一般照明不应采用荧光高压汞灯。

（5）一般照明在满足照度均匀度条件下，宜选择单灯功率较大、光效较高的光源。

（6）当公共建筑或工业建筑选用单灯功率小于或等于 25W 的气体放电灯时，除自镇流荧光灯外，其镇流器宜选用谐波含量低的产品。

（7）下列场所宜选用配用感应式自动控制的发光二极管灯：

1）旅馆、居住建筑及其他公共建筑的走廊、楼梯间、厕所等场所；

2）地下车库的行车道、停车位；

3）无人长时间逗留，只进行检查、巡视和短时操作等的工作的场所。

六、照度计算

照度计算的方法，通常有利用系数法、单位容量法和逐点法三种。在具体设计中，一般采用单位容量法或逐点法进行计算。单位容量计算法适用于均匀的一般照明计算；一般民用建筑和生活福利设施及环境反射条件较好的小型生产房间，可利用此法计算，生产厂房可利用此法估算。

例 22-4 （2014） 特级综合体育场的比赛照明，应选择的光源是：

A　LED 灯　　B　荧光灯

C　金属卤化物灯　　D　白炽灯

提示： 金属卤化物灯的光电参数适合体育馆高大空间使用且节能。

答案： C

第五节　电气安全和建筑物防雷

一、安全用电

低压配电系统遍及生活、生产的各个领域，人们随时都要与其接触。当由于某种原因其外露导电部分带电时，人们若与其接触，就有可能遭受电击，也就是常说的触电，危及人们的生命安全。为了保证电气设备上的安全，低压配电系统必须采取相应的防触电保护措施。

（一）人体触电造成的伤害程度与下列因素相关

1. 流经人体电流的大小

流经人体的电流，当交流在 15～20mA 以下或直流 50mA 以下的数值，对人身是安全的，因为对大多数人来说，可以不需要别人帮助而能自行摆脱带电体。但是，即使是这样大小的电流，如长时间流经人体，依旧是会有生命危险的。试验证明：100mA（0.1A）左右的电流流经人体时，毫无疑问是要使人致命的。

2. 人体电阻

当人体皮肤处于干燥、洁净和无损伤的状态下，人体的电阻高达 4 万～10 万 Ω。若除去皮肤，人体电阻下降到 600～800Ω。可是，人体的皮肤电阻并不是固定不变的，当皮肤处于潮湿状态，如出汗、受到损伤或带有导电性的粉尘时，则人体电阻降到 1000Ω 左右。当触电时，若皮肤触及带电体的面积愈大，接触愈紧密，也会使人体的电阻减小。

3. 作用于人体电压的高低

流经人体电流的大小，与作用于人体电压的高低并不成直线关系，这是因为随着电压的增高，人体表皮角质层有电解和类似介质击穿的现象发生，使人体电阻急剧下降，而导致电流迅速增大。如果人手是潮湿的，36V 以上的电压就成为危险电压。

4. 电流流经人体的持续时间

即使是安全电流，若流经人体的时间过久，也会造成伤亡事故。因为随着电流在人体内持续时间的增长，人体发热出汗，人体电阻会逐渐减小，而电流随之逐渐增大。

5. 电流流经人体的途径

电流流经人体的途径，对于触电的伤害程度影响甚大，实验证明，电流从手到脚，从一只手到另一只手或流经心脏时，触电的伤害最为严重。

6. 电源的频率

频率 50～60Hz 的电流对人体触电伤害的程度最为严重。低于或高于这些频率时，它的伤害程度都会减轻。

7. 身心健康状态

患有心脏病、结核病、精神病、内分泌器官疾病或酒醉的人，触电引起的伤害更为严重。

8. 电流通过人体的效应

电流通过人体，会引起四肢有暖热感觉，肌肉收缩，脉搏和呼吸神经中枢急剧失调，血压升高，心室纤维性颤动，烧伤，眩晕等。

（二）防触电保护

低压配电系统的防触电保护可分为：

1. 直接接触保护（正常工作时的电击保护）

（1）将带电导体绝缘，以防止与带电部分有任何接触的可能。

（2）采用遮拦和外护物的保护。

（3）采用阻挡物进行保护，阻挡物必须防止如下两种情况之一的发生：

1）身体无意识地接近带电部分；

2）在正常工作中设备运行期间无意识地触及带电部分。

（4）使设备置于伸臂范围以外的保护。

（5）用漏电电流动作保护装置作后备保护。

2. 间接接触保护（故障情况下的电击保护）

(1) 用自动切断电源的保护（包括漏电电流动作保护），并辅以总等电位联结。

(2) 使工作人员不致同时触及两个不同电位点的保护（即非导电场所的保护）。

(3) 使用双重绝缘或加强绝缘的保护。

(4) 用不接地的辅助等电位联结的保护。

(5) 采用电气隔离。

总等电位联结是在建筑物电源进线处，将保护干线、接地干线、总水管、采暖和空调管以及建筑物金属构件相互作电气联结。

辅助等电位联结是在某一范围内的等电位联结，包括固定式设备的所有可能同时触电的外露可导电部分和装置外可导电部分作等电位联结。

3. 直接接触与间接接触兼顾的保护

宜采用安全超低压和功能超低压的保护方法来实现。

4. 特殊场所装置的安全保护

主要指澡盆、淋浴室、游泳池及其周围，由于人体电阻降低和身体接触地电位而增加电击危险的安全保护。

5. 下列设备的配电线路宜设置剩余电流动作保护

(1) 手握式及移动式用电设备；

(2) 建筑施工工地的用电设备；

(3) 环境特别恶劣或潮湿场所（如锅炉房、食堂、地下室及浴室）的电气设备；

(4) 住宅建筑每户的进线开关或插座专用回路；

(5) 由 TT 系统供电的用电设备。

6. 常见的几种插座接线（图 22-20）

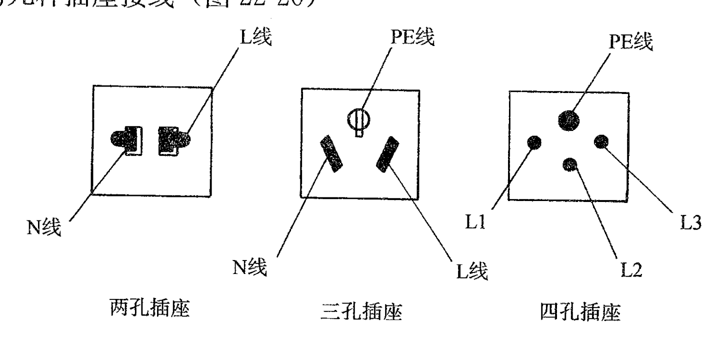


图 22-20　插座接线图

二、建筑物防雷

带负电荷的雷云在大地表面会感应出正电荷，这样雷云与大地间形成一个大的电容器，当电场强度超过大气被击穿的强度时，就发生了雷云与大地之间的放电，即常说的闪电，或者说是雷击。雷电流的幅值很大，有数千安到数百千安。而放电时间只有几十微秒。雷电流的大小与土壤电阻率、雷击点的散流电阻有关。

雷电的危害可分为三类，第一类是直击雷，即雷电直接击在建筑物，构成物和设备上发生的电效应、机械效应和热效应；第二类是闪电感应，即雷电流产生的电磁效应和静电效应；第三类是闪电电涌侵入，即雷电击中电气线路和管道，雷电流沿这些电气线路和管

道引入建筑物内部。雷云的电位大约为 1 万～10 万 kV。

建筑物易受雷击的部位，见表 22-10。

建筑物易受雷击的部位 **表 22-10**

建筑物屋面的坡度	易受雷击部位	示意图
平屋面或坡度不大于 1/10 的屋面	檐角、女儿墙、屋檐	平屋顶 坡度不大于 1：10
坡度大于 1/10，小于 1/2 的屋面	屋角、屋脊、檐角、屋檐	坡度大于 1：10、小于 1：2
坡度大于或等于 1/2 的屋面	屋角、屋脊、檐角	坡度大于 1：2

注：1. 屋面坡度用 a/b 表示，a——屋脊高出屋檐的距离（m）；b——房屋的宽度（m）；

2. 示意图中：×—×为易受雷击部位；○为雷击率最高部位。

（一）建筑物的防雷分类

根据建筑物的重要性、使用性质，发生雷电事故的可能性及后果，按防雷要求分为三类。

1. 第一类防雷建筑物

在可能发生对地闪击的地区，遇到下列情况之一时，应划为第一类防雷建筑物：

（1）凡制造、使用或贮存炸药、起爆药、火工品等大量爆炸物质的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者；

（2）具有 0 区或 20 区爆炸危险环境的建筑物；

（3）具有 1 区或 21 区爆炸危险环境的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。

2. 第二类防雷建筑物

在可能发生对地闪击的地区，遇有下列情况之一时，应划为第二类防雷建筑物：

（1）国家级重点文物保护的建筑物；

（2）国家级的会堂、办公建筑物、大型展览和博览建筑物、大型火车站和飞机场、国宾馆、国家级档案馆、大型城市的重要给水水泵房等特别重要的建筑物；

（3）国家级计算机中心、国际通信枢纽等对国民经济有重要意义的建筑物；

（4）国家特级和甲级大型体育馆；

（5）预计雷击次数大于 0.05 次/a 的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物及火灾危险场所；

(6) 预计雷击次数大于 0.25 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物或一般性工业建筑。

3. 第三类防雷建筑物

在可能发生对地闪击的地区，遇下列情况之一时，应划为第三类防雷建筑物：

(1) 省级重点文物保护的建筑物及省级档案馆；

(2) 预计雷击次数大于或等于 0.01 次/a，且小于或等于 0.05 次/a 的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物以及火灾危险场所（a 为年的符号）；

(3) 预计雷击次数大于或等于 0.05 次/a，且小于或等于 0.25 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物或一般性工业建筑物；

(4) 在平均雷暴日大于 15d/a 的地区，高度在 15m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物；在平均雷暴日小于或等于 15d/a 的地区，高度在 20m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。

（二）建筑物的防雷保护措施

1. 第一类防雷建筑物的防雷措施

(1) 第一类防雷建筑物防直击雷的措施，应符合下列要求：

1) 应装设独立接闪杆或架空接闪线（网），使被保护的建筑物及风帽、放散管等突出屋面的物体均处于接闪器的保护范围内。架空接闪网的网格尺寸不应大于 5m×5m 或 6m×4m；

2) 独立接闪杆的杆塔、架空接闪线的端部和架空接闪网的每根支柱处应至少设一根引下线。对用金属制成或有焊接、绑扎连接钢筋网的杆塔、支柱，宜利用其作为引下线；

3) 独立接闪杆和架空接闪线（网）的支柱及其接地装置至被保护建筑物及与其有联系的管道、电缆等金属物之间的距离应符合相关计算式的要求，但不得小于 3m；

4) 架空接闪线（网）至屋面和各种突出屋面的风帽、放散管等物体之间的距离，应符合相关计算式的要求，但不应小于 3m；

5) 独立接闪杆、架空接闪线或架空接闪网应有独立的接地装置，每一引下线的冲击接地电阻不宜大于 10Ω；在土壤电阻率高的地区，可适当增大冲击接地电阻。

(2) 第一类防雷建筑物防闪电感应的措施，应符合下列要求：

1) 建筑物内的设备、管道、构架、电缆金属外皮、钢屋架、钢窗等较大金属物和突出屋面的放散管、风管等金属物，均应接到防闪电感应的接地装置上。

金属屋面周边每隔 18～24m 应采用引下线接地一次。

现场浇制或由预制构件组成的钢筋混凝土屋面，其钢筋宜绑扎或焊接成闭合回路，并应每隔 18～24m 采用引下线接地一次。

2) 防闪电感应的接地装置应与电气和电子系统的接地装置共用，其工频接地电阻不应大于 10Ω。

屋内接地干线与防雷电感应接地装置的连接，不应少于两处。

(3) 第一类防雷建筑物防闪电电涌侵入的措施，应符合下列要求：

1) 室外低压线路应全线采用电缆直接埋地敷设，在入户端应将电缆的金属外皮、钢管接到防闪电感应的接地装置上。当全线采用电缆有困难时，应采用钢筋混凝土杆和铁横

担的架空线，并应使用一段金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入，架空线与建筑物的距离不应小于 15m。

在电缆与架空线连接处，尚应装设户外型电涌保护器。电涌保护器、电缆金属外皮、钢管和绝缘子铁脚、金具等应连在一起接地，其冲击接地电阻不应大于 30Ω。

2）架空金属管道，在进出建筑物处，应与防闪电感应的接地装置相连。距离建筑物 100m 内的管道，应每隔 25m 接地一次，其冲击接地电阻不应大于 30Ω，并宜利用金属支架或钢筋混凝土支架的焊接、绑扎钢筋网作为引下线，其钢筋混凝土基础宜作为接地装置。

埋地或地沟内的金属管道，在进出建筑物处亦应等电位连接到等电位连接带或防闪电感应的接地装置上。

（4）当难以装设独立的外部防雷装置时，可将接闪杆或网格不大于 5m×5m 或 6m×4m 的接闪网或其他混合组成的接闪器直接装在建筑物上，接闪网应按表 22-10 所示沿屋角、屋脊、屋檐和檐角等易受雷击的部位敷设。并必须符合下列要求：

1）接闪器之间应互相连接；

2）引下线不应少于两根，并应沿建筑物四周均匀或对称布置，其间距不应大于 12m；

3）建筑物应装设等电位连接环，环间垂直距离不应大于 12m，所有引下线、建筑物的金属结构和金属设备均应连到环上，均压环可利用电气设备的接地干线环路；

4）外部防雷的接地装置应围绕建筑物敷设成环形接地体，每根引下线的冲击接地电阻不应大于 10Ω，并应与电气和电子系统等接地装置及所有进入建筑物的金属管道相连，此接地装置可兼作防闪电感应之用；

5）当建筑物高于 30m 时，尚应采取以下防侧击的措施：

①从 30m 起，每隔不大于 6m，沿建筑物四周设水平接闪带并与引下线相连；

② 30m 及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

（5）当树木邻近建筑物且不在接闪器保护范围之内时，树木与建筑物之间的净距不应小于 5m。

2. 第二类防雷建筑物的防雷措施

第二类防雷建筑物的防雷措施与第一类防雷建筑物的防雷措施类同，只是屋面网格组成不大于 10m×10m 或 12m×8m，引下线不应少于 2 根，其间距不应大于 18m。当建筑物高于 45m 时，应采取相应的防侧击和等电位的保护措施。

3. 第三类防雷建筑物的防雷措施

第三类防雷建筑物的防雷措施与第一类防雷建筑物的防雷措施类同，只是屋面网格组成不大于 20m×20m 或 24m×16m，引下线不应少于 2 根，其间距不应大于 25m。周长不超过 25m 且高度不超过 40m 的建筑物可只设一根引下线。当建筑物高于 60m 时，应采取相应的防侧击和等电位的保护的措施。

4. 接闪器

（1）接闪杆采用热镀锌圆钢或钢管制成时，其直径不应小于：

杆长 1m 以下：圆钢为 12mm；

钢管为 20mm。

杆长 1～2m：圆钢为 16mm；

钢管为 25mm。

独立烟囱顶上的杆：圆钢为 20mm；

钢管为 40mm。

（2）接闪网和接闪带采用热镀锌圆钢或扁钢，优先采用圆钢。圆钢直径不应小于 8mm。扁钢截面不应小于 $50mm^2$，其厚度不应小于 2.5mm。

当独立烟囱上采用热镀锌接闪环时，其圆钢直径不应小于 12mm。扁钢截面不应小于 $100mm^2$，其厚度不应小于 4mm。

（3）用铁板、铜板、铝板等做屋面的建筑物，常利用屋面做接闪器，当需要防金属板雷击穿孔时，其厚度不应小于下列数值：

铁板为 4mm；

铜板为 5mm；

铝板为 7mm。

5. 引下线

引下线宜采用热镀锌圆钢或扁钢。圆钢直径不应小于 8mm，扁钢截面不应小于 $48mm^2$，其厚度不应小于 4mm。

独立烟囱上的引下线，圆钢直径不小于 12mm。扁钢截面不应小于 $100mm^2$，扁钢厚度不应小于 4mm。

6. 接地装置

民用建筑宜优先利用钢筋混凝土中的钢筋作为接地装置，当不具备条件时，宜采用热镀锌圆钢、钢管、角钢或扁钢等金属体作人工接地极。

防直击雷的人工接地体距建筑物出入口或人行道不应小于 3m。当小于 3m 时，应采取相应的保护措施。

例 22-5 （2014） 建筑物防雷装置专设引下线的敷设部位及敷设方式是：

A 沿建筑物所有墙面明敷设　　B 沿建筑物所有墙面暗敷设

C 沿建筑物外墙内表面明敷设　　D 沿建筑物外墙外表面明敷设

提示：《建筑物防雷设计规范》GB 50057—2010 第 5.3.4 条：专设引下线应沿建筑物外墙外表面明敷设，并应以最短路径接地。

答案： D

第六节　火灾自动报警系统

火灾自动报警系统是火灾探测与消防联动控制系统的简称，是以实现火灾早期探测和报警、向各类消防设备发出控制信号并接收、显示设备反馈信号，进而实现预定消防功能为基本任务的一种自动消防设施。

一、火灾自动报警系统的组成及设置场所

1. 系统组成

火灾自动报警系统由火灾探测报警系统、消防联动控制系统、可燃气体探测报警系统及电气火灾监控系统组成。火灾自动报警系统的组成如图 22-21 所示。

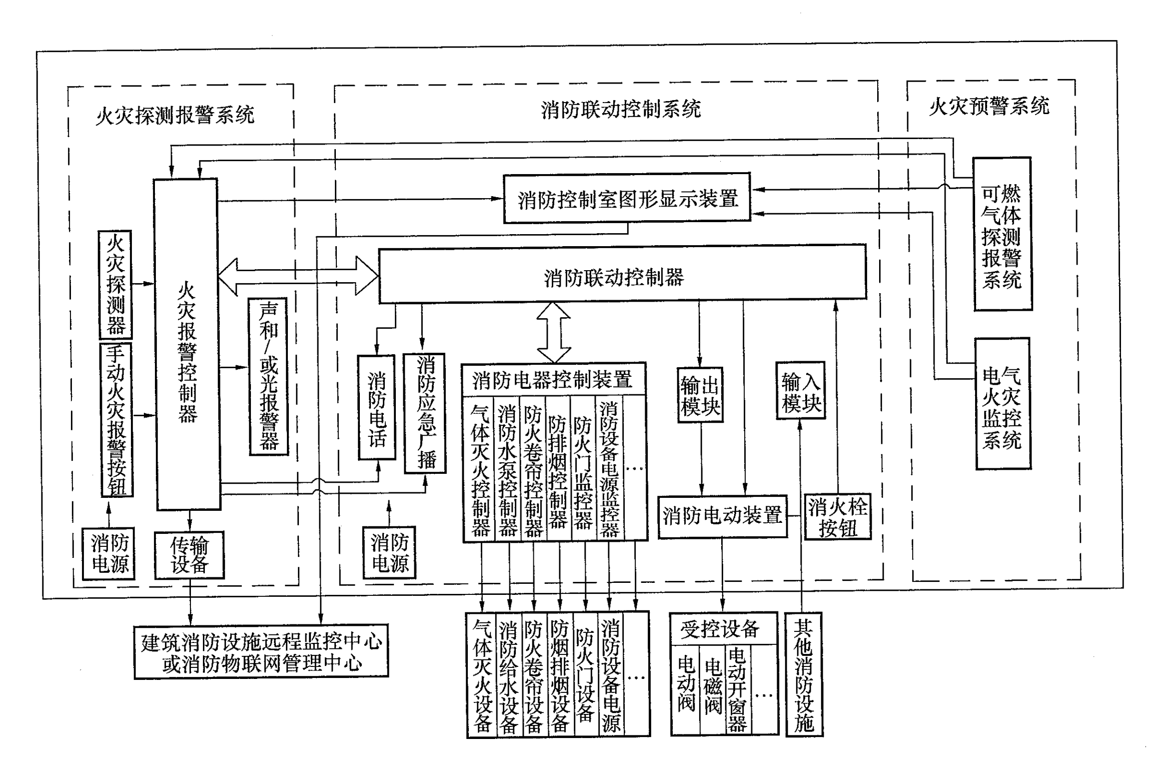


图 22-21　火灾自动报警系统的组成

（1）火灾探测报警系统

火灾探测报警系统是实现火灾早期探测并发出火灾报警信号的系统，一般由火灾触发器件（火灾探测器、手动火灾报警按钮）、声和/或光警报器、火灾报警控制器等组成。

（2）消防联动控制系统

消防联动控制系统是火灾自动报警系统中，接收火灾报警控制器发出的火灾报警信号，按预设逻辑完成各项消防功能的控制系统。由消防联动控制器、消防控制室图形显示装置、消防电气控制装置（防火卷帘控制器、气体灭火控制器等）、消防电动装置、消防联动模块、消火栓按钮、消防应急广播设备、消防电话等设备和组件组成。

（3）可燃气体探测报警系统

可燃气体探测报警系统是火灾自动报警系统的独立子系统，属于火灾预警系统，由可燃气体报警控制器、可燃气体探测器和火灾声光警报器组成。

（4）电气火灾监控系统

电气火灾监控系统是火灾自动报警系统的独立子系统，属于火灾预警系统，由电气火灾监控器、电气火灾监控检测器和火灾声光警报器组成。

2. 系统设置场所

（1）下列建筑或场所应设置火灾自动报警系统：

1）任一层建筑面积大于 1500m² 或总建筑面积大于 3000m² 的制鞋、制衣、玩具、电子等类似用途的厂房；

2）每座占地面积大于 1000m² 的棉、毛、丝、麻、化纤及其制品的仓库，占地面积大于 500m² 或总建筑面积大于 1000m² 的卷烟仓库；

3）任一层建筑面积大于1500m^2或总建筑面积大于3000m^2的商店、展览、财贸金融、客运和货运等类似用途的建筑，总建筑面积大于500m^2的地下或半地下商店；

4）图书或文物的珍藏库，每座藏书超过50万册的图书馆，重要的档案馆；

5）地市级及以上广播电视建筑、邮政建筑、电信建筑，城市或区域性电力、交通和防灾等指挥调度建筑；

6）特等、甲等剧场，座位数超过1500个的其他等级的剧场或电影院，座位数超过2000个的会堂或礼堂，座位数超过3000个的体育馆；

7）大、中型幼儿园的儿童用房等场所，老年人建筑，任一层建筑面积大于1500m^2或总建筑面积大于3000m^2的疗养院的病房楼、旅馆建筑和其他儿童活动场所，不少于200床位的医院门诊楼、病房楼和手术部等；

8）歌舞娱乐放映游艺场所；

9）净高大于2.6m且可燃物较多的技术夹层，净高大于0.8m且有可燃物的闷顶或吊顶内；

10）电子信息系统的主机房及其控制室、记录介质库，特殊贵重或火灾危险性大的机器、仪表、仪器设备室、贵重物品库房；

11）二类高层公共建筑内建筑面积大于50m^2的可燃物品库房和建筑面积大于500m^2的营业厅；

12）其他一类高层公共建筑；

13）设置机械排烟、防烟系统，雨淋或预作用自动喷水灭火系统，固定消防水炮灭火系统、气体灭火系统等需与火灾自动报警系统联锁动作的场所或部位。

（2）建筑高度大于100m的住宅建筑，应设置火灾自动报警系统。

建筑高度大于54m但不大于100m的住宅建筑，其公共部位应设置火灾自动报警系统，套内宜设置火灾探测器。

建筑高度不大于54m的高层住宅建筑，其公共部位宜设置火灾自动报警系统。当设置需联动控制的消防设施时，公共部位应设置火灾自动报警系统。

高层住宅建筑的公共部位应设置具有语音功能的火灾声警报装置或应急广播。

（3）建筑内可能散发可燃气体、可燃蒸气的场所应设置可燃气体报警装置。

火灾自动报警系统应设有自动和手动两种触发装置。

二、系统形式的选择

火灾自动报警系统根据保护对象及设立的消防安全目标不同，分为区域报警系统、集中报警系统和控制中心报警系统三种形式。

1. 仅需要报警，不需要联动自动消防设备的保护对象宜采用区域报警系统。

2. 不仅需要报警，同时需要联动自动消防设备，且只设置一台具有集中控制功能的火灾报警控制器和消防联动控制器的保护对象，应采用集中报警系统，并应设置一个消防控制室。

3. 设置两个及以上消防控制室的保护对象，或已设置两个及以上集中报警系统的保护对象，应采用控制中心报警系统。

控制中心报警系统一般适用于建筑群或体量很大的保护对象，这些保护对象中可能设置几个消防控制室，也可能由于分期建设而采用不同企业的产品或同一企业不同系列的产

品，或由于系统容量限制而设置了多个起集中作用的火灾报警控制器等情况，这些情况下均应选择控制中心报警系统。

三、报警区域和探测区域的划分

1. 报警区域、探测区域的概念

报警区域：将火灾自动报警系统的警戒范围按防火分区或楼层等划分的单元。

探测区域：将报警区域按探测火灾的部位划分的单元。

2. 报警区域的划分

报警区域应根据防火分区或楼层划分；可将一个防火分区或一个楼层划分为一个报警区域，也可将发生火灾时需要同时联动消防设备的相邻机构防火分区或楼层划分为一个报警区域。

3. 探测区域的划分

（1）探测区域应按独立房（套）间划分。一个探测区域的面积不宜超过 $500m^2$；从主要入口能看清其内部且面积不超过 $1000m^2$ 的房间，也可划为一个探测区域。

（2）红外光束感烟火灾探测器和缆式线型感温火灾探测器的探测区域的长度，不宜超过 100m；空气管差温火灾探测器的探测区域长度宜为 20～100m。

4. 应单独划分探测区域的场所

（1）敞开或封闭楼梯间、防烟楼梯间。

（2）防烟楼梯间前室、消防电梯前室、消防电梯与防烟楼梯合用的前室、走道、坡道。

（3）电气管道井、通信管道井、电缆隧道。

（4）建筑物闷顶、夹层。

四、消防控制室

1. 具有消防联动功能的火灾自动报警系统的保护对象中应设置消防控制室。

消防控制室内设置的消防设备应包括火灾报警控制器、消防联动控制器、消防控制室图形显示装置、消防专用电话总机、消防应急广播控制装置、消防应急照明和疏散指示系统控制装置、消防电源监控器等设备，或具有相应功能的组合设备等。

2. 严禁与消防控制室无关的电气线路和管路穿过。

3. 消防控制室应有相应的竣工图纸、各分系统控制逻辑关系说明、设备使用说明书、系统操作规程、应急预案、值班制度、维护保养制度及值班记录等文件资料。

4. 消防控制室的设置应符合下列规定：

（1）单独建造的消防控制室，其耐火等级不应低于二级。

（2）附设在建筑内的消防控制室，宜设置在建筑内首层或地下一层，并宜布置在靠外墙部位。

（3）不应设置在电磁场干扰较强及其他可能影响消防控制设备正常工作的房间附近。

（4）疏散门应直通室外或安全出口。

（5）消防控制室内的设备构成及其对建筑消防设施的控制与显示功能以及向远程监控系统传输相关信息的功能，应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 和《消防控制室通用技术要求》GB 25506 的规定。

五、消防联动控制

（一）消防联动控制输出供电要求

1. 电压控制输出应采用直流 24V；

2. 电源容量应满足受控消防设备同时启动且维持工作的控制容量要求；

3. 供电应满足传输线径要求，线路压降超过 5%时，应采用现场设置的消防设备直流电源供电；

4. 消防联动控制器宜能控制现场设置的消防设备直流电源供电。

（二）消防联动控制对象

1. 灭火设施

（1）自动喷水灭火系统；

（2）消火栓系统；

（3）气体（泡沫）灭火系统。

2. 防烟排烟系统

3. 防火门及防火卷帘系统

（1）疏散通道上设置的防火卷帘的联动控制设计，应符合下列规定：

1）自动控制方式。防火分区内任两只独立的感烟火灾探测器或任一只专门用于联动防火卷帘的感烟火灾探测器的报警信号联动控制防火卷帘下降至距楼板面 1.8m 处；任一只专门用于联动防火卷帘的感温火灾探测器的报警信号联动控制防火卷帘下降到楼板面；在卷帘的任一侧距卷帘纵深 0.5～5m 内应设置不少于 2 只专门用于联动防火卷帘的感温火灾探测器。

2）手动控制方式。由防火卷帘两侧设置的手动控制按钮控制防火卷帘的升降。

（2）非疏散通道上设置的防火卷帘的联动控制设计，应符合下列规定：

1）自动控制方式。由防火卷帘所在防火分区内任两只独立的火灾探测器的报警信号，作为防火卷帘下降的联动触发信号，由防火卷帘控制器联动控制防火卷帘直接下降到楼板面。

2）手动控制方式。由防火卷帘两侧设置的手动控制按钮控制防火卷帘的升降，并应能在消防控制室内的消防联动控制器上手动控制防火卷帘的降落。

4. 电梯的联动控制

（1）消防联动控制器应具有发出联动控制信号强制所有电梯停于首层或电梯转换层的功能。

（2）电梯运行状态信息和停于首层或转换层的反馈信号应传送给消防控制室，轿箱内应设置能直接与消防控制室通话的专用电话。

5. 火灾警报和消防应急广播系统

（1）火灾自动报警系统应设置火灾声光警报器，并在确认火灾后启动建筑内的所有火灾声光警报器。

（2）未设置消防联动控制器的火灾自动报警系统，火灾声光警报器应由火灾报警控制器控制；设置消防联动控制器的火灾自动报警系统，火灾声光警报器应由火灾报警控制器或消防联动控制器控制。

（3）火灾声光警报器单次发出火灾警报时间宜在 8～20s 之间；同时设有消防应急广播时，火灾声光警报应与消防应急广播交替循环播放。

（4）消防应急广播系统的联动控制信号应由消防联动控制器发出。当确认火灾后，应

同时向全楼进行广播。

6. 消防应急照明和疏散指示系统

(1) 集中控制型消防应急照明和疏散指示系统，应由火灾报警控制器或消防联动控制器启动应急照明控制器实现。

(2) 集中电源非集中控制型消防应急照明和疏散指示系统，应由消防联动控制器联动应急照明集中电源和应急照明分配电装置实现；

(3) 自带电源非集中控制型消防应急照明和疏散指示系统，应由消防联动控制器联动消防应急照明配电箱实现。

(4) 当确认火灾后，由发生火灾的报警区域开始，顺序启动全楼疏散通道的消防应急照明和疏散指示系统，系统全部投入应急状态的启动时间不应大于5s。

7. 相关联动控制

(1) 消防联动控制器应具有切断火灾区域及相关区域的非消防电源的功能，当需要切断正常照明时，宜在自动喷淋系统、消火栓系统动作前切断。

(2) 火灾时可立即切断的非消防电源有：普通动力负荷、自动扶梯、排污泵、空调用电、康乐设施、厨房设施等。

(3) 火灾时不应立即切掉的非消防电源有：正常照明、生活给水泵、安全防范系统设施、地下室排水泵、客梯和 Ⅰ～Ⅲ 类汽车库作为车辆疏散口的提升机。

六、火灾探测器的选择

1. 火灾探测器的分类

火灾探测器根据其探测火灾特征参数的不同，分为以下5种基本类型：

(1) 感烟火灾探测器；

(2) 感温火灾探测器；

(3) 感光火灾探测器；

(4) 气体火灾探测器；

(5) 复合火灾探测器。

2. 火灾探测器的选择规定

(1) 对火灾初期有阴燃阶段，产生大量的烟和少量的热，很少或没有火焰辐射的场所，应选择感烟火灾探测器；

(2) 对火灾发展迅速，可产生大量热、烟和火焰辐射的场所，可选择感温火灾探测器、感烟火灾探测器、火焰探测器或其组合；

(3) 对火灾发展迅速，有强烈的火焰辐射和少量的烟、热的场所，应选择火焰探测器；

(4) 对火灾初期有阴燃阶段且需要早期探测的场所，宜增设一氧化碳火灾探测器；

(5) 对使用、生产或聚集可燃气体或可燃蒸气的场所，应选择可燃气体探测器；

(6) 根据保护场所可能发生火灾的部位和燃烧材料的分析，选择相应的火灾探测器（包括火灾探测器的类型、灵敏度和响应时间等），对火灾形成特征不可预料的场所，可根据模拟试验的结果选择火灾探测器；

(7) 同一探测区域内设置多个火灾探测器时，可选择具有复合判断火灾功能的火灾探测器和火灾报警控制器，提高报警时间和报警准确率的要求。

3. 点型火灾探测器的选型原则

点型感温火灾探测器的分类见表 22-11。

（1）对不同高度的房间，可按表 22-12 选择点型火灾探测器。

（2）下列场所宜选择点型感烟火灾探测器：

1）饭店、旅馆、教学楼、办公楼的厅堂、卧室、办公室、商场、列车载客车厢等；

2）计算机房、通信机房、电影或电视放映室等；

3）楼梯、走道、电梯机房、车库等；

4）书库、档案库等。

点型感温火灾探测器分类表　　　　表 22-11

探测器类别	典型应用温度（℃）	最高应用温度（℃）	动作温度下限值（℃）	动作温度上限值（℃）
A1	25	50	54	65
A2	25	50	54	70
B	40	65	69	85
C	55	80	84	100
D	70	95	99	115
E	85	110	114	130
F	100	125	129	145
G	15	140	144	160

对不同高度的房间点型火灾探测器的选择　　　　表 22-12

房间高度 h（m）	点型感烟火灾探测器	感温探测器		火焰探测器
		A1	A2、B、C、D、E、F、G	
$12<h\leq20$	不适合	不适合	不适合	适　合
$8<h\leq12$	适　合	不适合	不适合	适　合
$6<h\leq8$	适　合	适　合	不适合	适　合
$h\leq6$	适　合	适　合	适　合	适　合

（3）符合下列条件之一的场所，不宜选择点型离子感烟火灾探测器：

1）相对湿度经常大于 95%；

2）气流速度大于 5m/s；

3）有大量粉尘、水雾滞留；

4）可能产生腐蚀性气体；

5）在正常情况下有烟滞留；

6）产生醇类、醚类、酮类等有机物质。

（4）符合下列条件之一的场所，不宜选择点型光电感烟火灾探测器：

1）有大量粉尘、水雾滞留；

2）可能产生蒸汽和油雾；

3）高海拔地区；

4）在正常情况下有烟滞留。

（5）符合下列条件之一的场所，宜选择点型感温火灾探测器；且应根据使用场所的典型应用温度和最高应用温度选择适当类别的感温火灾探测器：

1）相对湿度经常大于 95%；

2）无烟火灾；

3）有大量粉尘；

4）吸烟室等在正常情况下有烟或蒸汽滞留的场所；

5）厨房、锅炉房、发电机房、烘干车间等不宜安装感烟火灾探测器的场所；

6）需要联动熄灭“安全出口”标志灯的安全出口内侧；

7）其他无人滞留且不适合安装感烟火灾探测器，但发生火灾时需要及时报警的场所。

（6）可能产生阴燃火或发生火灾不及时报警将造成重大损失的场所，不宜选择点型感温火灾探测器；温度在0℃以下的场所，不宜选择定温探测器；温度变化较大的场所，不宜选择具有差温特性的探测器。

（7）符合下列条件之一的场所，宜选择点型火焰探测器或图像型火焰探测器：

1）火灾时有强烈的火焰辐射；

2）液体燃烧等无阴燃阶段的火灾；

3）需要对火焰做出快速反应。

（8）符合下列条件之一的场所，不宜选择点型火焰探测器和图像型火焰探测器：

1）在火焰出现前有浓烟扩散；

2）探测器的镜头易被污染；

3）探测器的“视线”易被油雾、烟雾、水雾和冰雪遮挡；

4）探测区域内的可燃物是金属和无机物；

5）探测器易受阳光、白炽灯等光源直接或间接照射；

6）探测区域内正常情况下有高温物体的场所，不宜选择单波段红外火焰探测器；

7）正常情况下有阳光、明火作业，探测器易受X射线、弧光和闪电等影响的场所，不宜选择紫外火焰探测器。

（9）下列场所宜选择可燃气体探测器

1）使用可燃气体的场所；

2）燃气站和燃气表房以及存储液化石油气罐的场所；

3）其他散发可燃气体和可燃蒸气的场所。

（10）在火灾初期产生一氧化碳的下列场所可选择点型一氧化碳火灾探测器：

1）烟不容易对流或顶棚下方有热屏障的场所；

2）在棚顶上无法安装其他点型火灾探测器的场所；

3）需要多信号复合报警的场所。

（11）污物较多且必须安装感烟火灾探测器的场所，应选择间断吸气的点型采样吸气式感烟火灾探测器或具有过滤网和管路自清洗功能的管路采样吸气式感烟火灾探测器。

4.线型火灾探测器的选择

（1）无遮挡的大空间或有特殊要求的房间，宜选择线型光束感烟火灾探测器。

（2）符合下列条件之一的场所，不宜选择线型光束感烟火灾探测器：

1）有大量粉尘、水雾滞留；

2）可能产生蒸汽和油雾；

3）在正常情况下有烟滞留；

4）固定探测器的建筑结构由于振动等原因会产生较大位移的场所。

（3）下列场所或部位，宜选择缆式线型感温火灾探测器：

1）电缆隧道、电缆竖井、电缆夹层、电缆桥架；

2）不易安装点型探测器的夹层、闷顶；

3）各种皮带输送装置；

4）其他环境恶劣不适合点型探测器安装的场所。

（4）下列场所或部位，宜选择线型光纤感温火灾探测器。

1）除液化石油气外的石油储罐；

2）需要设置线型感温火灾探测器的易燃易爆场所；

3）需要监测环境温度的地下空间等场所宜设置具有实时温度监测功能的线型光纤感温火灾探测器；

4）公路隧道、敷设动力电缆的铁路隧道和城市地铁隧道等。

（5）线型定温火灾探测器的选择，应保证其不动作温度高于设置场所的最高环境温度。

5. 吸气式感烟火灾探测器的选择

（1）下列场所宜选择吸气式感烟火灾探测器：

1）具有高速气流的场所；

2）点型感烟、感温火灾探测器不适宜的大空间、舞台上方、建筑高度超过 12m 或有特殊要求的场所；

3）低温场所；

4）需要进行隐蔽探测的场所；

5）需要进行火灾早期探测的重要场所；

6）人员不宜进入的场所。

（2）灰尘比较大的场所，不应选择没有过滤网和管路自清洗功能的管路采样式吸气感烟火灾探测器。

七、系统设备的设置

（一）探测器的具体设置部位

1. 财贸金融楼的办公室、营业厅、票证库；

2. 电信楼、邮政楼的机房和办公室；

3. 商业楼、商住楼的营业厅、展览楼的展览厅和办公室；

4. 旅馆的客房和公共活动用房；

5. 电力调度楼、防灾指挥调度楼等的微波机房、计算机房、控制机房、动力机房和办公室；

6. 广播电视楼的演播室、播音室、录音室、办公室、节目播出技术用房、道具布景房；

7. 图书馆的书库、阅览室、办公室；

8. 档案楼的档案库、阅览室、办公室；

9. 办公楼的办公室、会议室、档案室；

10. 医院病房楼的病房、办公室、医疗设备室、病历档案室、药品库；

11. 科研楼的办公室、资料室、贵重设备室、可燃物较多和火灾危险性较大的实验室；

12. 教学楼的电化教室、理化演示和实验室、贵重设备和仪器室；

13. 公寓（宿舍、住宅）的卧室、书房、起居室（前厅）、厨房；

14. 甲、乙类生产厂房及其控制室；

15. 甲、乙、丙类物品库房；

16. 设在地下室的丙、丁类生产车间和物品库房；

17. 堆场、堆垛、油罐等；

18. 地下铁道的地铁站厅、行人通道和设备间，列车车厢；

19. 体育馆、影剧院、会堂、礼堂的舞台、化妆室、道具室、放映室、观众厅、休息厅及其附设的一切娱乐场所；

20. 陈列室、展览室、营业厅、商业餐厅、观众厅等公共活动用房；

21. 消防电梯、防烟楼梯的前室及合用前室、走道、门厅、楼梯间；

22. 可燃物品库房、空调机房、配电室（间）、变压器室、自备发电机房，电梯机房；

23. 净高超过 2.6m 且可燃物较多的技术夹层；

24. 敷设具有可延燃绝缘层和外护层电缆的电缆竖井，电缆夹层、电缆隧道、电缆配线桥架；

25. 贵重设备间和火灾危险性较大的房间；

26. 电子计算机的主机房、控制室、纸库、光或磁记录材料库；

27. 经常有人停留或可燃物较多的地下室；

28. 歌舞娱乐场所中经常有人滞留的房间和可燃物较多的房间；

29. 高层汽车库，Ⅰ类汽车库，Ⅰ、Ⅱ类地下汽车库，机械立体汽车库，复式汽车库，采用升降梯作汽车疏散出口的汽车库（敞开车库可不设）；

30. 污衣道前室、垃圾道前室、净高超过 0.8m 的具有可燃物的闷顶、商业用或公共厨房；

31. 以可燃气为燃料的商业和企事业单位的公共厨房及燃气表房；

32. 其他经常有人停留的场所、可燃物较多的场所或燃烧后产生重大污染的场所；

33. 需要设置火灾探测器的其他场所。

（二）点型火灾探测器的设置应符合下列规定：

1. 探测区域的每个房间至少应设置一只火灾探测器。

2. 感烟火灾探测器和 A1、A2、B 型感温火灾探测器的保护面积和保护半径，应按表 22-13 确定；C、D、E、F、G 型感温火灾探测器的保护面积和保护半径应根据生产企业的设计说明书确定，但不应超过表 22-13 规定。

感烟火灾探测器和 A1、A2、B 型感温火灾探测器的保护面积和保护半径　　表 22-13

火灾探测器的种类	地面面积 S（m²）	房间高度 h（m）	一只探测器的保护面积 A 和保护半径 R					
			屋顶坡度 θ					
			$\theta\leqslant15°$		$15<\theta\leqslant30°$		$\theta>30°$	
			A（m²）	R（m）	A（m²）	R（m）	A（m²）	R（m）
感烟火灾探测器	$S\leqslant80$	$h\leqslant12$	80	6.7	80	7.2	80	8.0
	$S>80$	$6<h\leqslant12$	80	6.7	100	8.0	120	9.9
		$h\leqslant6$	60	5.8	80	7.2	100	9.0
感温火灾探测器	$S\leqslant30$	$h\leqslant8$	30	4.4	30	4.9	30	5.5
	$S>30$	$h\leqslant8$	20	3.6	30	4.9	40	6.3

注：建筑高度不超过 14m 的封闭探测空间且火灾初期会产生大量的烟时，可设置点型感烟火灾探测器。

3. 一个探测区域内所需设置的探测器数量，不应小于式（22-3）的计算值：

$$N=\frac{S}{K\cdot A} \tag{22-3}$$

式中 N——探测器数量（只），N 应取整数；

S——该探测区域面积（m^2）；

A——探测器的保护面积（m^2）；

K——修正系数，容纳人数超过 1 万人的公共场所宜取 0.7～0.8；容纳人数为 2000～1 万人的公共场所宜取 0.8～0.9，容纳人数为 500～2000 人的公共场所宜取 0.9～1.0，其他场所可取 1.0。

4. 在有梁的顶棚上设置点型感烟火灾探测器、感温火灾探测器时，应符合下列规定：

（1）当梁突出顶棚的高度小于 200mm 时，可不计梁对探测器保护面积的影响；

（2）当梁突出顶棚的高度为 200～600mm 时，应据《火灾自动报警系统设计规范》GB 50016 中附录 F、附录 G 确定梁对探测器保护面积的影响和一只探测器能够保护的梁间区域的数量；

（3）当梁突出顶棚的高度超过 600mm 时，被梁隔断的每个梁间区域至少应设置一只探测器；

（4）当被梁隔断的区域面积超过一只探测器的保护面积时，被隔断的区域应按式 22-3 计算探测器的设置数量；

（5）当梁间净距小于 1m 时，可不计梁对探测器保护面积的影响。

5. 在宽度小于 3m 的内走道顶棚上设置点型探测器时，宜居中布置。感温火灾探测器的安装间距不应超过 10m；感烟火灾探测器的安装间距不应超过 15m；探测器至端墙的距离不应大于探测器安装间距的一半。

6. 点型探测器至墙壁、梁边的水平距离不应小于 0.5m。

7. 点型探测器周围 0.5m 内不应有遮挡物。

8. 房间被书架、设备或隔断等分隔，其顶部至顶棚或梁的距离小于房间净高的 5% 时，每个被隔开的部分至少应安装一只点型探测器。

9. 点型探测器至空调送风口边的水平距离不应小于 1.5m，并宜接近回风口安装。探测器至多孔送风顶棚孔口的水平距离不应小于 0.5m。

10. 当屋顶有热屏障时，点型感烟火灾探测器下表面至顶棚或屋顶的距离，应符合表 22-14 的规定。

点型感烟火灾探测器下表面至顶棚或屋顶的距离　　表 22-14

探测器的安装高度 h（m）	点型感烟火灾探测器下表面至顶棚或屋顶的距离 d（mm）					
	顶棚或屋顶坡度 θ					
	$\theta\leqslant 15°$		$15°<\theta\leqslant 30°$		$\theta>30°$	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
$h\leqslant 6$	30	200	200	300	300	500
$6<h\leqslant 8$	70	250	250	400	400	600
$8<h\leqslant 10$	100	300	300	500	500	700
$10<h\leqslant 12$	150	350	350	600	600	800

11. 锯齿形屋顶和坡度大于 15°的人字形屋顶，应在每个屋脊处设置一排点型探测器，

探测器下表面至屋顶最高处的距离，应符合表 22-14 的规定。

12. 点型探测器宜水平安装。当倾斜安装时，倾斜角不应大于 45°。

13. 在电梯井、升降机井设置点型探测器时，其位置宜在井道上方的机房顶棚上。

14. 一氧化碳火灾探测器可设置在气体可以扩散到的任何部位。

15. 火焰探测器和图像型火灾探测器的设置应符合下列规定：

(1) 应考虑探测器的探测视角及最大探测距离，避免出现探测死角，可以通过选择探测距离长、火灾报警响应时间短的火焰探测器，提高保护面积和报警时间要求；

(2) 探测器的探测视角内不应存在遮挡物；

(3) 应避免光源直接照射在探测器的探测窗口；

(4) 单波段的火焰探测器不应设置在平时有阳光、白炽灯等光源直接或间接照射的场所。

16. 线型光束感烟火灾探测器的设置应符合下列规定：

(1) 探测器的光束轴线至顶棚的垂直距离宜为 0.3～1.0m，距地高度不宜超过 20m；

(2) 相邻两组探测器的水平距离不应大于 14m，探测器至侧墙水平距离不应大于 7m 且不应小于 0.5m，探测器的发射器和接收器之间的距离不宜超过 100m；

(3) 探测器应设置在固定结构上；

(4) 探测器的设置应保证其接收端避开日光和人工光源直接照射；

(5) 选择反射式探测器时，应保证在反射板与探测器间任何部位进行模拟试验时，探测器均能正确响应。

17. 线型感温火灾探测器的设置应符合下列规定：

(1) 探测器在保护电缆、堆垛等类似保护对象时，应采用接触式布置；在各种皮带输送装置上设置时，宜设置在装置的过热点附近；

(2) 设置在顶棚下方的线型感温火灾探测器，至顶棚的距离宜为 0.1m。探测器的保护半径应符合点型感温火灾探测器的保护半径要求；探测器至墙壁的距离宜为 1～1.5m；

(3) 光栅光纤感温火灾探测器每个光栅的保护面积和保护半径应符合点型感温火灾探测器的保护面积和保护半径要求；

(4) 设置线型感温火灾探测器的场所有联动要求时，宜采用两只不同火灾探测器的报警信号组合；

(5) 与线型感温火灾探测器连接的模块不宜设置在长期潮湿或温度变化较大的场所。

18. 管路采样式吸气感烟火灾探测器的设置应符合下列规定：

(1) 非高灵敏型探测器的采样管网安装高度不应超过 16m；高灵敏型探测器的采样管网安装高度可以超过 16m；采样管网安装高度超过 16m 时，灵敏度可调的探测器必须设置为高灵敏度，且应减小采样管长度，减少采样孔数量；

(2) 探测器的每个采样孔的保护面积、保护半径应符合点型感烟火灾探测器的保护面积、保护半径的要求；

(3) 一个探测单元的采样管总长不宜超过 200m，单管长度不宜超过 100m，同一根采样管不应穿越防火分区。采样孔总数不宜超过 100，单管上的采样孔数量不宜超过 25；

(4) 当采样管道采用毛细管布置方式时，毛细管长度不宜超过 4m；

(5) 吸气管路和采样孔应有明显的火灾探测器标识；

(6) 有过梁、空间支架的建筑中，采样管路应固定在过梁、空间支架上；

(7) 当采样管道布置形式为垂直采样时，每2℃温差间隔或3m间隔（取最小者）应设置一个采样孔，采样孔不应背对气流方向；

(8) 采样管网应按经过确认的设计软件或方法进行设计；

(9) 探测器的火灾报警信号、故障信号等信息应传给火灾报警控制器；涉及消防联动控制时，探测器的火灾报警信号还应传给消防联动控制器。

19. 感烟火灾探测器在隔栅吊顶场所的设置应符合下列规定：

(1) 镂空面积与总面积的比例不大于15%时，探测器应设置在吊顶下方；

(2) 镂空面积与总面积的比例大于30%时，探测器应设置在吊顶上方；

(3) 镂空面积与总面积的比例在15%～30%范围时，探测器的设置部位应根据实际试验结果确定；

(4) 探测器设置在吊顶上方且火警确认灯无法观察时，应在吊顶下方设置火警确认灯；

(5) 地铁站台等有活塞风影响的场所，镂空面积与总面积的比例在30%～70%范围内时，探测器宜同时设置在吊顶上方和下方。

（三）手动火灾报警按钮的设置

1. 每个防火分区应至少设置一只手动火灾报警按钮 。从一个防火分区内的任何位置到最邻近的手动火灾报警按钮的步行距离不应大于30m。手动火灾报警按钮宜设置在疏散通道或出入口处。列车上设置的手动火灾报警按钮，应设置在每节车厢的出入口和中间部位。

2. 手动火灾报警按钮应设置在明显和便于操作的部位。当安装在墙上时，其底边距地高度宜为1.3～1.5m，且应有明显的标志。

（四）区域显示器的设置

1. 每个报警区域宜设置一台区域显示器（火灾显示盘）；宾馆、饭店等场所应在每个报警区域设置一台区域显示器。当一个报警区域包括多个楼层时，宜在每个楼层设置一台仅显示本楼层的区域显示器。

2. 区域显示器应设置在出入口等明显和便于操作的部位。当安装在墙上时，其底边距地高度宜为1.3～1.5m。

（五）火灾警报器的设置

1. 火灾警报器应设置在每个楼层的楼梯口、消防电梯前室、建筑内部拐角等处的明显部位，且不宜与安全出口指示标志灯具设置在同一面墙上。

2. 每个报警区域内应均匀设置火灾警报器，其声压级不应小于60dB；在环境噪声大于60dB的场所，其声压级应高于背景噪声15dB。

3. 火灾警报器设置在墙上时，其底边距地面高度应大于2.2m。

（六）消防应急广播的设置

1. 消防应急广播扬声器的设置，应符合下列规定：

(1) 民用建筑内扬声器应设置在走道和大厅等公共场所。每个扬声器的额定功率不应小于3W，其数量应能保证从一个防火分区内的任何部位到最近一个扬声器的直线距离不大于25m，走道末端距最近的扬声器距离不应大于12.5m。

（2）在环境噪声大于 60dB 的场所设置的扬声器，在其播放范围内最远点的播放声压级应高于背景噪声 15dB；

（3）客房设置专用扬声器时，其功率不宜小于 1.0W。

2. 壁挂扬声器的底边距地面高度应大于 2.2m。

（七）消防专用电话的设置

1. 消防专用电话网络应为独立的消防通信系统。

2. 消防控制室应设置消防专用电话总机。

3. 多线制消防专用电话系统中的每个电话分机应与总机单独连接。

4. 电话分机或电话插孔的设置，应符合下列规定：

（1）消防水泵房、发电机房、配变电室、计算机网络机房、主要通风和空调机房、防排烟机房、灭火控制系统操作装置处或控制室、企业消防站、消防值班室、总调度室、消防电梯机房及其他与消防联动控制有关的且经常有人值班的机房应设置消防专用电话分机。消防专用电话分机应固定安装在明显且便于使用的部位，应有区别于普通电话的标识。

（2）设有手动火灾报警按钮或消火栓按钮等处宜设置电话插孔，并宜选择带有电话插孔的手动火灾报警按钮。

（3）各避难层应每隔 20m 设置一个消防专用电话分机或电话插孔。

（4）电话插孔在墙上安装时，其底边距地面高度宜为 1.3～1.5m。

5. 消防控制室、消防值班室或企业消防站等处，应设置可直接报警的外线电话。

八、住宅建筑火灾报警系统

1. 住宅建筑火灾报警系统分类

住宅建筑火灾报警系统可根据实际应用过程中保护对象的具体情况分为 A、B、C、D 四类系统，其中：

A 类系统由火灾报警控制器和火灾探测器、手动火灾报警按钮、家用火灾探测器、火灾声光警报器等设备组成；

B 类系统由控制中心监控设备、家用火灾报警控制器、家用火灾探测器、火灾声光警报器等设备组成；

C 类系统由家用火灾报警控制器、家用火灾探测器、火灾声光警报器等设备组成；

D 类系统由独立式火灾探测报警器、火灾声光警报器等设备组成。

2. 住宅建筑火灾报警系统的选择

（1）有物业集中监控管理且设有需联动控制的消防设施的住宅建筑应选用 A 类系统；

（2）仅有物业集中监控管理的住宅建筑宜选用 A 类或 B 类系统；

（3）没有物业集中监控管理的住宅建筑宜选用 C 类系统；

（4）别墅式住宅和已经投入使用的住宅建筑可选用 D 类系统。

3. 家用火灾探测器的设置

（1）每间卧室、起居室内应至少设置一只感烟火灾探测器。

（2）可燃气体探测器在厨房设置时，应符合下列规定：

1）使用天然气的用户应选择甲烷探测器，使用液化气的用户应选择丙烷探测器，使用煤制气的用户应选择一氧化碳探测器；

2）连接燃气灶具的软管及接头在橱柜内部时，探测器宜设置在橱柜内部；

3）甲烷探测器应设置在厨房顶部，丙烷探测器应设置在厨房下部，一氧化碳探测器可设置在厨房下部，也可设置在其他部位；

4）可燃气体探测器不宜设置在灶具正上方；

5）宜采用具有联动燃气关断阀功能的可燃气体探测器；

6）探测器联动的燃气关断阀宜为用户可以自己复位的关断阀，且宜有胶管脱落自动关断功能。

4. 家用火灾报警控制器的设置

(1) 家用火灾报警控制器应独立设置在每户内且应设置在明显和便于操作的部位。当安装在墙上时，其底边距地高度宜为 1.3～1.5m。

(2) 具有可视对讲功能的家用火灾报警控制器宜设置在进户门附近。

九、系统供电

(一）一般规定

1. 火灾自动报警系统应设有交流电源和蓄电池备用电源。

2. 火灾自动报警系统的交流电源应采用消防电源，备用电源可采用火灾报警控制器和消防联动控制器自带的蓄电池电源或消防设备应急电源。当备用电源采用消防设备应急电源时，火灾报警控制器和消防联动控制器应采用单独的供电回路，并应保证在系统处于最大负载状态下不影响火灾报警控制器和消防联动控制器的正常工作。

3. 消防控制室图形显示装置、消防通信设备等的电源，宜由 UPS 电源装置或消防设备应急电源供电。

4. 火灾自动报警系统主电源不应设置剩余电流动作保护和过负荷保护装置。

5. 消防设备应急电源输出功率应大于火灾自动报警及联动控制系统全负荷功率的 20%，蓄电池组的容量应保证火灾自动报警及联动控制系统在火灾状态同时工作负荷条件下连续工作 3h 以上。

6. 消防用电设备应采用专用的供电回路，其配电设备应设有明显标志。其配电线路和控制回路宜按防火分区划分。

(二）系统接地

1. 火灾自动报警系统接地装置的接地电阻值应符合下列规定：

(1) 采用共用接地装置时，接地电阻值不应大于 1Ω；

(2) 采用专用接地装置时，接地电阻值不应大于 4Ω。

2. 消防控制室内的电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽等应采用等电位连接。

3. 由消防控制室接地板引至各消防电子设备的专用接地线应选用铜芯绝缘导线，其线芯截面面积不应小于 $4mm^2$。

4. 消防控制室接地板与建筑接地体之间应采用线芯截面面积不小于 $25mm^2$ 的铜芯绝缘导线连接。

十、布线

1. 火灾自动报警系统的传输线路和 50V 以下供电的控制线路，应采用电压等级不低于交流 300/500V 的铜芯绝缘导线或铜芯电缆。采用交流 220/380V 的供电和控制线路应

采用电压等级不低于交流450/750V的铜芯绝缘导线或铜芯电缆。

2. 消防线路暗敷设时，应采用金属管、可挠（金属）电气导管或B1以上的刚性塑料管保护，并应敷设在不燃烧体的结构内，且保护层厚度不宜小于30mm；线路明敷设时，应采用金属管、可挠（金属）电气导管或金属封闭线槽保护，矿物绝缘类不燃烧电缆可直接明敷。

十一、高度大于12m的空间场所的火灾自动报警系统

1. 高度大于12m的空间场所宜同时选择两种以上火灾参数的火灾探测器。

2. 火灾初期产生大量烟的场所，应选择线型光束感烟火灾探测器、管路吸气式感烟火灾探测器或图像型感烟火灾探测器。

3. 线型光束感烟火灾探测器的设置应符合下列要求：

（1）探测器应设置在建筑顶部；

（2）探测器宜采用分层组网的探测方式；

（3）建筑高度不超过16m时，宜在6～7m增设一层探测器；

（4）建筑高度超过16m但不超过26m时，宜在6～7m和11～12m处各增设一层探测器；

（5）由开窗或通风空调形成的对流层在7～13m时，可将增设的一层探测器设置在对流层下面1m处；

（6）分层设置的探测器保护面积可按常规计算，并宜与下层探测器交错布置。

例22-6 **(2014)** 在火灾发生时，下列消防用电设备中需要在消防控制室进行手动直接控制的是：

A 消防电梯　　B 防火卷帘门

C 应急照明　　D 防烟排烟机房

提示：《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013第4.5.3条：防烟系统、排烟系统的手动控制方式，应能在消防控制室内的消防联动控制器上手动控制送风口、电动挡烟垂壁、排烟口、排烟窗、排烟阀的开启或关闭及防烟风机、排烟风机等设备的启动或停止；防烟、排烟风机的启动、停止按钮应采用专用线路直接连接至设置在消防控制室内的消防联动控制器的手动控制盘，并应直接手动控制防烟、排烟机的启动、停止。

此条规定了在消防控制室防排烟系统的手动控制方式的联动设计要求。

答案： D

第七节　电话、有线广播和扩声、同声传译

一、电话

电话设备，主要包括电话交换机（含配套辅助设备）、话机及各种线路设备和线材。

目前主要的电话交换机有纵横制自动电话交换机、数字程控交换机（简称程控交换机）。

（一）程控交换机

由于使用数字电脑对交换机的工作进行程序控制，因此它可以根据不同需要实现众多

的服务功能，这是其他各种交换机所难以企及的，而且它的传话距离、信息总量和话音清晰度都有了很大的提高。由于其优越性，所以得到了用户的普遍欢迎和广泛应用。程控交换机一般分为办公楼用的和酒店宾馆用的两大类。

（二）程控交换机的辅助设备

主要包括交流配电盘、直流配电盘、蓄电池组及总配线架，这些设备可以随交换机配套供应。

（三）话机

程控交换机一般宜配用双音多频按钮式话机，采用 2 芯线连接。标准型话机是含 8 功能键的多功能话机，豪华型话机为 8 功能键兼有扬声对讲功能的话机。这两种话机采用 4 芯线连接。

（四）线路设备及件材

包括交接箱、组合式话机出线插座、电话电缆线、PVC—(4×0.5)、PVC—(2×0.5)。

（五）电话站的设置

(1) 当电话用户数量在 50 门以下，而市话局又能满足市话用户要求时，可不设电话站，直接进入市话网。

(2) 电话用户数量在 50 门及以上的，一般设电话站，但是住宅、公寓、出租写字楼不设电话站，电话用户直接进入市话网。

（六）电话站站址选择

(1) 应结合建筑工程远、近期规划及地形、位置等因素确定。

(2) 与其他建筑合建时，宜设在 4 层以下首层以上房间，宜朝南向并有窗。在潮湿地区，首层不宜设电话交换机室。

(3) 合建电话站时，技术性用房不宜设置在以下地点：

1) 浴室、卫生间、开水房及其他易积水房间的附近；

2) 变压器、配电室的楼上、楼下或隔壁；

3) 空调及通风机房等振动场所附近。

(4) 独建电话站时，不宜设置在以下地点：

1) 汽车库附近；

2) 水泵房、冷冻空调机房及其他有较大振动场所附近；

3) 配电室所附近。

(5) 电话站内主要房间或通道，不应被其他公用通道、走廊或房间隔开。电话站内不宜存有其他与电话工程无关的管道通过。

(6) 独建电话站，站址应选在建筑群内位于用户负荷中心配出线方便的地方。

（七）电话站对建筑的要求

(1) 独建电话站时，建筑物耐火等级应为二级，抗震设计按站址所在地区规定烈度提高一度考虑。

(2) 电话站与其他建筑物合建时，200 门及以下自动电话站宜设有交换机室、话务室和维修室等，如有发展可能则宜将交换机室与总配线架室分开设置。

(3) 800 门及以上（程控交换机 1000 门及以上）电话站应考虑有电缆进线室、配线室（包括传输室）、交换机室、转接台室、电池室、电力室以及维修器材备件用房、办公

用房等。

(4) 电话站各技术用房的配置及总面积可参考《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16—2008)。电话站选用程控交换机时，房间面积可根据需要考虑。北京地区电话站设计由北京市电话局负责，机房面积、房间布置由其负责；具体工程设计，只按提供的建筑面积预留，做进出管线设计。

(5) 电话站的技术用房，室内最低高度一般应为梁下 3m，如有困难亦应保证梁的最低处距机架顶部电缆走架应有 0.2m 的距离。程控交换机的机架，低架一般为 2～2.4m，高架 2.6～2.9m。

(6) 电话站与其他建筑物合建时，宜将位置选择在楼层一端组成独立单元，并要与建筑物内其他房间隔开。

(7) 交换机室转接台室之间，宜设玻璃隔断，若无条件时可设玻璃观察窗，一般长 2m，高 1.2m，底边距地 0.8m。

(8) 技术用房的地面（除蓄电池），应采用防静电的活动地板或塑料地面，有条件时亦可采用木地板。

（八）北京地区电讯技术规定

住宅建筑面积在 10 万 m^2 以下的住宅区，每 1000 户左右应设置一个电话专用交换间，使用面积不少于 $12m^2$，其房间内应干燥通风良好，有采暖和电源插座。

（九）交换机容量

一般按总建筑面积估算，50～$60m^2$ 一门，写字楼按 20～$30m^2$ 一门估算。

二、有线广播

(1) 公共建筑应设有线广播系统。系统的类别应根据建筑规模、使用性质和功能要求确定，一般可分为：

1) 业务性广播系统；

2) 服务性广播系统；

3) 火灾事故广播系统。

(2) 办公楼、商业楼、院校、车站、客运码头及航空港等建筑物，应设业务性广播，满足以业务及行政管理为主的语言广播要求，由主管部门管理。

(3) 一至三级的旅馆、大型公共活动场所应设服务性广播，满足以欣赏性音乐类广播为主的要求。

(4) 民用建筑内所设置的火灾事故广播，应满足火灾时引导人员疏散的要求。

(5) 公共建筑宜设广播控制室，当建筑物中的公共活动场所（如多功能厅、咖啡厅等）需单独设置扩声系统时，宜设扩声控制室，但广播控制室与扩声控制室间应设中继线联络或采用用户线路转换措施，以实现全系统广播。

(6) 有线广播的功放设备宜选用定电压输出。定电压扩音机的输出电压，当负载在一定的范围内变化时基本上保持不变，音质也较好，所以一般采用定电压功放设备。定电压输出的馈电线路，输出电压宜采用 70V 或 100V。当功放设备容量小或广播范围小时，也可根据情况选用定阻输出功放设备。定阻抗扩音机的输出电压随负载阻抗的改变而变化较大，因此要求负载阻抗与扩音机的输出阻抗相匹配。

(7) 办公室、生活间、客房等，可采用 1～2W 的扬声器箱，走廊、门厅及公共活动

场所的背景音乐、业务性广播等扬声器箱，宜采用3～5W；在建筑装饰和室内净高允许的情况下，对大空间的场所，宜采用声柱（或组合音箱）；在噪声高、潮湿的场所，应采用号筒扬声器；室外扬声器应采用防水防尘型。

（8）广播控制室的设置原则

1）办公楼类建筑，广播控制室宜靠近主管业务部门，当消防值班室与其合用时，应符合消防规范的有关规定。

2）旅馆类建筑，服务性广播宜与电视播放合并设置控制室。

3）航空港、铁路旅客站、港口码头等建筑，广播控制室宜靠近调度室。

4）设置塔钟自动报时扩音系统的建筑，控制室宜设在楼房顶层。

三、会议系统

（1）会议系统根据使用要求，可分为会议讨论系统、会议表决系统和同声传译系统。

（2）根据会议厅的规模，会议讨论系统宜采用手动、自动控制方式。

（3）会议表决系统的终端，应设有同意、反对、弃权三种可能选择的按键。

（4）同声传译系统的信号输出方式分为有线、无线和两者混合方式。无线方式可分为感应式和红外辐射式两种，具体选用应符合下列规定：

1）设置固定式座席的场所，宜采用有线式。在听众的座席上应设置具有耳机插孔、音量调节和语种选择开关的收听盒。

2）不设固定座席的场所，宜采用无线式。当采用感应式同声传译设备时，在不影响接收效果的前提下，感应天线宜沿吊顶、装修墙面敷设，亦可在地面下或无抗静电措施的地毯下敷设。

3）红外辐射器布置安装时应有足够的高度，保证对准听众区的直射红外光畅通无阻，且不宜面对大玻璃门窗安装。

4）特殊需要时，宜采用有线和无线混合方式。

例22-7 （2006）关于会议厅、报告厅内同声传译信号的输出方式，下列叙述中哪一个是错误的？

A　设置固定坐席并有保密要求时，宜采用无线方式

B　设置活动坐席时，宜采用无线方式

C　在采用无线方式时，宜采用红外辐射方式

D　既有固定坐席又有活动坐席，宜采用有线、无线混合方式

提示：采用有线方式保密性好。

答案：A

第八节　共用天线电视系统和闭路应用电视系统

一、共用天线电视系统（CATV）

（一）原理

共用天线电视系统，是若干台电视机共同使用一套天线设备，这套公共天线设备将接收来的广播电视信号，先经过适当处理（如放大、混合、频道变换等），然后由专用部件

将信号合理地分配给各电视接收机。由于系统各部件之间采用了大量的同轴电缆作为信号传输线，因而CATV系统又叫作电缆电视系统。有了CATV系统，电视图像将不会因高山或高层建筑的遮挡或反射出现重影或雪花干扰，人们可以看到很好的电视节目。

共用天线电视系统发展极为迅速，并向大型化、多路化和多功能方面发展。它不仅能用来传送电视台发送的节目，而且只要在系统的前端设备中增加如录像机、影碟机、电影电视播发设备等若干设备，或配备全套小型演播室设备，就可以自办节目，形成完整的闭路电视系统，这将大大地丰富电视观众选择节目的内容，提高人们的文化生活水平，所以CATV系统已成为人们生活中不可缺少的设备。

（二）分类

CATV系统按其容纳的用户输出口数量分为四类：

（1）A类：10000户以上。

（2）B类：2001～10000户。B类又分：

1）B1类：5001～10000户；

2）B2类：2001～5000户。

（3）C类：301～2000户。

（4）D类：300户以下。

（三）大型共用天线系统

对大型共用天线系统，它的前端设备有开路和闭路两套系统，开路系统有VHF（甚高频电视广播用，即1～12频道）、UHF（特高频电视广播用，即13～68频道）、FM（调频广播用）和SHF（超高频，卫星广播电视用）等频段的接收设备；闭路系统有摄像机、录音机、电影电视设备等。

（四）CATV系统构成

CATV系统由接收天线、前端设备、信号分配网络和用户终端四部分组成。

用户终端的电平控制值：

（1）电视图像：强场强区（73±5）$dB_{\mu}V$，弱场强区（70±5）$dB_{\mu}V$。

（2）FM：

1）立体声调频广播　（65±5）$dB_{\mu}V$；

2）单声道调频广播　（58±5）$dB_{\mu}V$。

线路传输用75Ω同轴电缆。

（五）天线位置选择

（1）选择在广播电视信号场强较强、电磁波传输路径单一的地方，宜靠近前端（距前端的距离不大于20m），避开风口。

（2）天线朝向发射台的方向不应有遮挡物和可能的信号反射，并尽量远离汽车行驶频繁的公路，电气化铁路和高压电力线路等。

（3）安装在建筑物的顶部或附近的高山顶上。由于它高于其他的建筑物，遭受雷击的机会就较多，因此，一定要安装避雷装置，从竖杆至接地装置的引下线至少用两根，从不同方位以最短的距离泄流引下，接地电阻应小于4Ω，当系统采用共同接地时，其接地电阻不应大于1Ω。

（4）群体建筑系统的接收天线，宜位于建筑群中心附近的较高建筑物上。

二、闭路应用电视系统（CCTV）

（一）用途

在民用建筑中，闭路应用电视系统主要用在闭路监视电视系统、医疗手术闭路电视系统、教学闭路电视系统、工业管理闭路电视系统等。

（二）设置原则

闭路应用电视系统一般由摄像、传输、显示及控制四个主要部分组成，根据具体工程要求可按下列原则确定：

（1）在一处连续监视一个固定目标时，宜采用单头单尾型；

（2）在多处监视同一固定目标时，宜装置视频分配器，采用单头多尾型；

（3）在一处集中监视多个目标时，宜装置视频切换器，采用多头单尾型；

（4）在多处监视多个目标时，宜结合对摄像机功能遥控的要求，设置多个视频分配切换装置或者矩阵连接网络，采用多头多尾型；

（5）摄像机应安装在监视目标附近不易受外界损伤的地方，安装高度，室内2.5～5m为宜；室外3.5～10m为宜，不得低于3.5m；

（6）系统的监控室，宜设在监视目标群的附近及环境噪声和电磁干扰小的地方。监控室的使用面积，应根据系统设备的容量来确定，一般为12～50m^2。监控室内温度宜为16～30℃，相对湿度宜为40%～65%，根据情况可设置空调。

例22-8　(2006) 建筑高度超过100m的建筑物，其设在屋顶平台上的共用天线，距屋顶直升机停机坪的距离不应小于下列哪个数值？

A　1.00m　　　　B　3.00m

C　5.00m　　　　D　10.00m

提示：根据《建筑设计防火规范》GB 50016—2014第7.4.2条：设在屋顶平台上的设备机房、水箱间、电梯机房、共用天线等突出物，距屋顶直升机停机坪的距离不应小于5.00m。

答案：C

第九节　呼应（叫）信号及公共显示装置

一、呼应信号是民用建筑中保证建筑功能的重要设施

（一）医院呼应信号

1. 护理呼应信号

主要满足患者呼叫护士的要求，各管理单元的信号主控装置应设在医护值班室。

2. 候诊呼应信号

主要满足医生呼叫就诊患者的要求。

3. 寻叫呼应信号

主要满足大中型医院寻呼医护人员的要求。寻叫呼应信号的控制台宜设在电话站内，由值机人员统一管理。

（二）旅馆呼应信号

一至四级旅馆及服务要求较高的招待所，宜设呼应信号。主要满足旅客呼叫服务员的要求。

（三）住宅（公寓）呼应信号

根据保安、客访情况，宜设住宅（公寓）对讲系统。

（1）对讲机—电门锁保安系统；

（2）可视—对讲—电门锁系统；

（3）闭路电视保安系统；

（4）老年人居住建筑中，居室、浴室、厕所应设紧急报警求助按钮，养老院、护理院等床头应设呼叫信号装置。

（四）无线呼应系统

在大型医院、宾馆、展览馆、体育馆（场）、演出中心、民用航空港等公共建筑，根据指挥、调度、服务需要，宜设置无线传呼系统，按呼叫程式可分无线播叫和无线对讲两种方式，无线呼叫系统应向当地无线通信管理机构申报。

（五）医院、旅馆的呼应（叫）信号装置

应使用50V以下安全工作电压，一般采用24V。

二、公共信号显示装置

（1）体育馆（场）应设置计时记分装置。

（2）民用航空港、中等以上城市火车站、大城市的港口码头、长途汽车客运站，应设置班次动态显示牌。

（3）大型商业、金融营业厅、宜设置商品、金融信息显示牌。

（4）中型以上火车站、大型汽车客运站、客运码头、民用航空港、广播电视信号大楼，以及其他有统一计时要求的工程，宜设时钟系统。对旅游宾馆宜设世界时钟系统。母钟站宜与电话机房、广播电视机房合并设置，并应避开强烈振动、腐蚀、强电磁干扰的环境。

例 22-9　（2006） 医院呼叫信号装置使用的交流工作电压范围应是：

A　380V及以下　　B　220V及以下

C　110V及以下　　D　50V及以下

提示：《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008第17.6.2条：医院及老年人、残疾人使用场所的呼叫信号装置，应使用交流50V以下安全特低电压。

答案： D

第十节　智能建筑及综合布线系统

一、智能建筑

我国在《智能建筑设计标准》（GB 50314—2015）中对智能建筑的定义为：以建筑物为平台，基于对各类智能化信息的综合应用，集架构、系统、应用、管理及优化组合为一体，具有感知、传输、记忆、推理、判断和决策的综合智慧能力，形成以人、建筑、环境互为协调的整合体，为人们提供安全、高效、便利及可持续发展功能环境的建筑。

1. 智能化系统工程架构的设计应包括设计等级、架构规划、系统配置等。智能化系

统工程的设计等级应根据建筑的建设目标、功能类别、地域状况、运营及管理要求、投资规模等综合因素确立。智能化系统工程的架构规划应根据建筑的功能需求、基础条件和应用方式等作层次化结构的搭建设计，并构成由若干智能化设施组合的架构形式。智能化系统工程的系统配置应根据智能化系统工程的设计等级和架构规划，选择配置相关的智能化系统。

2. 智能化系统机房宜包括信息接入机房、有线电视前端机房、信息设施系统总配线机房、智能化总控室、信息网络机房、用户电话交换机房、消防控制室、安防监控中心、应急响应中心和智能化设备间（弱电间、电信间）等，并可根据工程具体情况独立配置或组合配置。

3. 智能化系统机房工程的建筑、结构、通风和空气调节系统、供配电系统、照明系统、接地、防静电、安全系统、综合管理系统设计应符合本规范的规定。应注意机房工程紧急广播系统备用电源的连续供电时间，必须与消防疏散指示标志照明备用电源的连续供电时间一致。

4. 机房工程的建筑设计应符合下列规定：

（1）信息接入机房宜设置在便于外部信息管线引入建筑物内的位置；

（2）信息设施系统总配线机房宜设于建筑的中心区域位置，并应与信息接入机房、智能化总控室、信息网络机房及用户电话交换机房等同步设计和建设；

（3）智能化总控室、信息网络机房、用户电话交换机房等应按智能化设施的机房设计等级及设备的工艺要求进行设计；

（4）当火灾自动报警系统、安全技术防范系统、建筑设备管理系统、公共广播系统等的中央控制设备集中设在智能化总控室内时，各系统应有独立工作区；

（5）智能化设备间（弱电间、电信间）宜独立设置，且在满足信息传输要求的情况下，设备间（弱电间、电信间）宜设置于工作区域相对中部的位置；对于以建筑物楼层为区域划分的智能化设备间（弱电间、电信间），上下位置宜垂直对齐；

（6）机房面积应满足设备机柜（架）的布局要求，并应预留发展空间；

（7）信息设施系统总配线机房、智能化总控室、信息网络机房、用户电话交换系统机房等不应与变配电室及电梯机房贴邻布置；

（8）机房不应设在水泵房、厕所和浴室等潮湿场所的贴邻位置；

（9）设备机房不宜贴邻建筑物的外墙；

（10）与机房无关的管线不应从机房内穿越；

（11）机房各功能区的净空高度及地面承重力应满足设备的安装要求和国家现行有关标准的规定；

（12）机房应采取防水、降噪、隔声、抗震等措施。

二、综合布线系统

在智能建筑中，综合布线系统是必不可少的，它是建筑群内部之间的传输网络。它能使建筑或建筑群内部的语音、数据通信设备、信息交换设备、物业管理及自动化管理设备等系统之间彼此相连。综合布线系统包括建筑物到外部网络或电话局线路上的连接点与工作区的语音或数据终端之间的所有电缆及相关的布线部件。《综合布线系统工程设计规范》（GB 50311—2007）中要求综合布线系统应与信息设施系统、信息化应用系统、公共安全

系统、建筑设备管理系统等统筹规划，相互协调，并按照各系统信息的传输要求优化设计。

三、综合布线系统的组成

综合布线系统应为开放式网络拓扑结构，应能支持语音、数据、图像、多媒体业务等信息的传递。

综合布线系统工程宜按下列 7 个部分进行设计：

1. 工作区：一个独立的需要设置终端设备（TE）的区域宜划分为一个工作区。工作区应由配线子系统的信息插座模块（TO）延伸到终端设备处的连接缆线及适配器组成。

2. 配线子系统：配线子系统应由工作区的信息插座模块、信息插座模块至电信间配线设备（FD）的配线电缆和光缆、电信间的配线设备及设备缆线和跳线等组成。

3. 干线子系统：干线子系统应由设备间至电信间的干线电缆和光缆，安装在设备间的建筑物配线设备（BD）及设备缆线和跳线组成。

4. 建筑群子系统：建筑群子系统应由连接多个建筑物之间的主干电缆和光缆、建筑群配线设备（CD）及设备缆线和跳线组成。

5. 设备间：设备间是在每幢建筑物的适当地点进行网络管理和信息交换的场地。对于综合布线系统工程设计，设备间主要安装建筑物配线设备。电话交换机、计算机主机设备及入口设施也可与配线设备安装在一起。

6. 进线间：进线间是建筑物外部通信和信息管线的入口部位，并可作为入口设施和建筑群配线设备的安装场地。

7. 管理：管理应对工作区、电信间、设备间、进线间的配线设备、缆线、信息插座模块等设施按一定的模式进行标识和记录。

综合布线系统基本构成应符合图 22-22 要求。

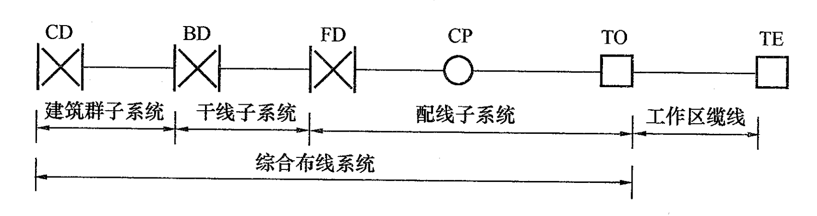


图 22-22　综合布线系统基本构成

注：配线子系统中可以设置集合点（CP 点），也可不设置集合点。

四、综合布线电气防护、接地及防火

1. 综合布线电缆与附近可能产生高电平电磁干扰的电动机、电力变压器、射频应用设备等电器设备之间应保持必要的间距，并应符合下列规定：综合布线电缆与电力电缆的间距应符合表 22-15 的规定。

综合布线电缆与电力电缆的间距　　　　**表 22-15**

类　别	与综合布线接近状况	最小间距（mm）
380V 电力电缆<2kV・A	与缆线平行敷设	130
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	70
	双方都在接地的金属线槽或钢管中②	10①

续表

类　别	与综合布线接近状况	最小间距（mm）
380V 电力电缆 2～5kV・A	与缆线平行敷设	300
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	150
	双方都在接地的金属线槽或钢管中②	80
380V 电力电缆>5kV・A	与缆线平行敷设	600
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	300
	双方都在接地的金属线槽或钢管中②	150

注：①当 380V 电力电缆<2kV・A，双方都在接地的线槽中，且平行长度≤10m 时，最小间距可为 10mm；
②双方都在接地的线槽中，系指两个不同的线槽，也可在同一线槽中用金属板隔开。

2. 墙上敷设的综合布线缆线及管线与其他管线的间距应符合表 22-16 的规定。当墙壁电缆敷设高度超过 6000mm 时，与避雷引下线的交叉间距应按下式计算：

$$S \geq 0.05L \tag{22-4}$$

式中 S——交叉间距，mm；

L——交叉处避雷引下线距地面的高度，mm。

综合布线缆线及管线与其他管线的间距　　表 22-16

其他管线	平行净距（mm）	垂直交叉净距（mm）
避雷引下线	1000	300
保护地线	50	20
给水管	150	20
压缩空气管	150	20
热力管（不包封）	500	500
热力管（包封）	300	300
煤气管	300	20

3. 综合布线系统应根据环境条件选用相应的缆线和配线设备，或采取防护措施，并应符合下列规定：

(1) 当综合布线区域内存在的电磁干扰场强低于 3V/m 时，宜采用非屏蔽电缆和非屏蔽配线设备。

(2) 当综合布线区域内存在的电磁干扰场强高于 3V/m 时，或用户对电磁兼容性有较高要求时，可采用屏蔽布线系统和光缆布线系统。

(3) 当综合布线路由上存在干扰源，且不能满足最小净距要求时，宜采用金属管线进行屏蔽，或采用屏蔽布线系统及光缆布线系统。

4. 在电信间、设备间及进线间应设置楼层或局部等电位接地端子板。

5. 综合布线系统应采用共用接地的接地系统，如单独设置接地体时，接地电阻不应大于 4Ω。如布线系统的接地系统中存在两个不同的接地体时，其接地电位差不应大于 1Vr. m. s。

6. 楼层安装的各个配线柜（架、箱）应采用适当截面的绝缘铜导线单独布线至就近

的等电位接地装置，也可采用竖井内等电位接地铜排引到建筑物共用接地装置，铜导线的截面应符合设计要求。

7. 缆线在雷电防护区交界处，屏蔽电缆屏蔽层的两端应做等电位连接并接地。

8. 综合布线的电缆采用金属线槽或钢管敷设时，线槽或钢管应保持连续的电气连接，并应有不少于两点的良好接地。

9. 当缆线从建筑物外面进入建筑物时，电缆和光缆的金属护套或金属件应在入口处就近与等电位接地端子板连接。

10. 当电缆从建筑物外面进入建筑物时，应选用适配的信号线路浪涌保护器，信号线路浪涌保护器应符合设计要求。

11. 根据建筑物的防火等级和对材料的耐火要求，综合布线系统的缆线选用和布放方式及安装的场地应采取相应的措施。综合布线工程设计选用的电缆、光缆应从建筑物的高度、面积、功能、重要性等方面加以综合考虑，选用相应等级的防火缆线。

五、综合布线的系统配置设计

应按上述7个部分进行设计，本教材只介绍工作区、设备间及进线间的相关内容。

1. 工作区适配器的选用宜符合下列规定：

（1）设备的连接插座应与连接电缆的插头匹配，不同的插座与插头之间应加装适配器。

（2）在连接使用信号的数模转换，光、电转换，数据传输速率转换等相应的装置时，采用适配器。

（3）对于网络规程的兼容，采用协议转换适配器。

（4）各种不同的终端设备或适配器均安装在工作区的适当位置，并应考虑现场的电源与接地。

2. 每个工作区的服务面积，应按不同的应用功能确定。

3. 在设备间内安装的BD配线设备干线侧容量应与主干缆线的容量相一致。设备侧的容量应与设备端口容量相一致或与干线侧配线设备容量相同。

4. BD配线设备与电话交换机及计算机网络设备的连接方式亦应符合《综合布线系统工程设计规范》GB 50311第4.2.3条的规定。

5. 建筑群主干电缆和光缆、公用网和专用网电缆、光缆及天线馈线等室外缆线进入建筑物时，应在进线间成端转换成室内电缆、光缆，并在缆线的终端处可由多家电信业务经营者设置入口设施，入口设施中的配线设备应按引入的电、光缆容量配置。

6. 电信业务经营者在进线间设置安装的入口配线设备应与BD或CD之间敷设相应的连接电缆、光缆，实现路由互通。缆线类型与容量应与配线设备相一致。

7. 在进线间缆线入口处的管孔数量应满足建筑物之间、外部接入业务及多家电信业务经营者缆线接入的需求，并应留有2～4孔的余量。

六、综合布线的安装工艺要求

1. 工作区

（1）工作区信息插座的安装宜符合下列规定：

1）安装在地面上的接线盒应防水和抗压。

2）安装在墙面或柱子上的信息插座底盒、多用户信息插座盒及集合点配线箱体的底

部离地面的高度宜为 300mm。

（2）工作区的电源应符合下列规定：

1）每 1 个工作区至少应配置 1 个 220V 交流电源插座。

2）工作区的电源插座应选用带保护接地的单相电源插座，保护接地与零线应严格分开。

2. 电信间

（1）电信间的数量应按所服务的楼层范围及工作区面积来确定。如果该层信息点数量不大于 400 个，水平缆线长度在 90m 范围以内，宜设置一个电信间；当超出这一范围时宜设两个或多个电信间；每层的信息点数量较少，且水平缆线长度不大于 90m 的情况下，宜几个楼层合设一个电信间。

（2）电信间应与强电间分开设置，电信间内或其紧邻处应设置缆线竖井。

（3）电信间的使用面积不应小于 $5m^2$，也可根据工程中配线设备和网络设备的容量进行调整。

（4）电信间的设备安装和电源要求，应符合下述设备间的（8）条和（9）条的规定。

（5）电信间应采用外开丙级防火门，门宽大于 0.7m。电信间内温度应为 10～35℃，相对湿度宜为 20％～80％。如果安装信息网络设备时，应符合相应的设计要求。

3. 设备间

（1）设备间位置应根据设备的数量、规模、网络构成等因素，综合考虑确定。

（2）每幢建筑物内应至少设置 1 个设备间，如果电话交换机与计算机网络设备分别安装在不同的场地或根据安全需要，也可设置 2 个或 2 个以上的设备间，以满足不同业务的设备安装需要。

（3）建筑物综合布线系统与外部配线网连接时，应遵循相应的接口标准要求。

（4）设备间的设计应符合下列规定：

1）设备间宜处于干线子系统的中间位置，并考虑主干缆线的传输距离与数量。

2）设备间宜尽可能靠近建筑物线缆竖井位置，有利于主干缆线的引入。

3）设备间的位置宜便于设备接地。

4）设备间应尽量远离高低压变配电、电机、X 射线、无线电发射等有干扰源存在的场地。

5）设备间室内温度应为 10～35℃，相对湿度应为 20％～80％，并应有良好的通风。

6）设备间内应有足够的设备安装空间，其使用面积不应小于 $10m^2$，该面积不包括程控用户交换机、计算机网络设备等设施所需的面积在内。

7）设备间梁下净高不应小于 2.5m，采用外开双扇门，门宽不应小于 1.5m。

（5）设备间应防止有害气体（如氯、碳水化合物、硫化氢、氮氧化物、二氧化碳等）侵入，并应有良好的防尘措施。

（6）在地震区的区域内，设备安装应按规定进行抗震加固。

（7）设备安装宜符合下列规定：

1）机架或机柜前面的净空不应小于 800mm，后面的净空不应小于 600mm。

2）壁挂式配线设备底部离地面的高度不宜小于 300mm。

（8）设备间应提供不少于两个 220V 带保护接地的单相电源插座，但不作为设备供电

电源。

(9) 设备间如果安装电信设备或其他信息网络设备时，设备供电应符合相应的设计要求。

4. 进线间

(1) 进线间应设置管道入口。

(2) 进线间应满足缆线的敷设路由、成端位置及数量、光缆的盘长空间和缆线的弯曲半径、充气维护设备、配线设备安装所需要的场地空间和面积。

(3) 进线间的大小应按进线间的进局管道最终容量及入口设施的最终容量设计。同时应考虑满足多家电信业务经营者安装入口设施等设备的面积。

(4) 进线间宜靠近外墙和在地下设置，以便于缆线引入。进线间设计应符合下列规定：

1) 进线间应防止渗水，宜设有抽排水装置。

2) 进线间应与布线系统垂直竖井沟通。

3) 进线间应采用相应防火级别的防火门，门向外开，宽度不小于 1000mm。

4) 进线间应设置防有害气体措施和通风装置，排风量按每小时不小于 5 次容积计算。

(5) 与进线间无关的管道不宜通过。

(6) 进线间入口管道口所有布放缆线和空闲的管孔应采取防火材料封堵，做好防水处理。

(7) 进线间如安装配线设备和信息通信设施时，应符合设备安装设计的要求。

5. 缆线布放

(1) 配线子系统缆线宜采用在吊顶、墙体内穿管或设置金属密封线槽及开放式（电缆桥架，吊挂环等）敷设，当缆线在地面布放时，应根据环境条件选用地板下线槽、网络地板、高架（活动）地板布线等安装方式。

(2) 干线子系统垂直通道穿过楼板时宜采用电缆竖井方式。也可采用电缆孔、管槽的方式，电缆竖井的位置应上、下对齐。

(3) 建筑群之间的缆线宜采用地下管道或电缆沟敷设方式，并应符合相关规范的规定。

(4) 缆线应远离高温和电磁干扰的场地。

(5) 管线的弯曲半径应符合表 22-17 的要求。

管线敷设弯曲半径 **表 22-17**

缆线类型	弯曲半径（mm 或倍）
2 芯或 4 芯水平光缆	>25mm
其他芯数和主干光缆	不小于光缆外径的 10 倍
4 对非屏蔽电缆	不小于电缆外径的 4 倍
4 对屏蔽电缆	不小于电缆外径的 8 倍
大对数主干电缆	不小于电缆外径的 10 倍
室外光缆、电缆	不小于缆线外径的 10 倍

注：当缆线采用电缆桥架布放时，桥架内侧的弯曲半径不应小于 300mm。

（6）缆线布放在管与线槽内的管径与截面利用率，应根据不同类型的缆线做不同的选择。管内穿放大对数电缆或 4 芯以上光缆时，直线管路的管径利用率应为 50%～60%，弯管路的管径利用率应为 40%～50%。管内穿放 4 对对绞电缆或 4 芯光缆时，截面利用率应为 25%～30%。布放缆线在线槽内的截面利用率应为 30%～50%。

例 22-10　(2007) 建筑物综合布线系统中交接间的数量是根据下列哪个原则来设计的？

A　高层建筑每层至少设两个

B　多层建筑每层至少设一个

C　水平配线长度不超过 90m 设一个

D　水平配线长度不超过 120m 设一个

提示：《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 第 21.5.3 条：综合布线系统的交接间数量，应从所服务的楼层范围考虑，如果配线电缆长度都在 90m 范围以内时，宜设 1 个交接间；当超出这一范围时，宜设 2 个或多个。

答案： C

第十一节　电气设计基础

一、单相正弦交流电

大小和方向随时间按正弦规律作周期性变化，并且在一个周期内的平均值为零的电动势、电压和电流，统称为交流电。一般表达式为：

$$x = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \tag{22-5}$$

式中，x 为正弦量的瞬时值。当时间 t 连续变化时，正弦量的值在 X_m 和 $-X_m$ 之间变化。因此 X_m 为正弦量的幅值，如电压和电流的幅值为 U_m、I_m。正弦函数是周期函数。

$(\omega t + \varphi_0)$ 是角度。在一个周期 T 内，$(\omega t + \varphi_0)$ 变化 2π 弧度。由于周期和频率互为倒数，即

$$f = \frac{1}{T} \tag{22-6}$$

周期的单位为 s（秒），频率的单位为 Hz（赫兹）。我国和世界上大多数国家使用的工业频率为 50Hz，周期为 0.02s，也有些国家使用的是 60Hz。

二、三相交流电路

（一）三相电源的连接

1. 星形连接（Y 连接）

若将发电机的三相定子绕组末端 U_2、V_2、W_2 连接在一起，分别由三个首端 U_1、V_1、W_1 引出三条输电线，称为星形连接。这三条输电线称为相线，俗称火线，用 A、B、C 表示；U_2、V_2、W_2 的联结点称为中性点。由三条输电线向用户供电，称为三相三线制供电方式。在低压系统中，一般采用三相四线制，即由中性点再引出一条称为中性线的线路与三条相线一同向用户供电。星形连结的三相四线制电源如图 22-23 所示。

三相电源的每一相线与中线构成一相，其间的电压称为相电压（即每相绕组上的电

压），常用U_A、U_B、U_C表示。每两条相线之间的电压称为线电压，如果三个相电压大小相等，相位互差120°，则为对称的三相电源。对称三相电源星形连接时，三个线电压也是对称的。线电压的值为相电压的$\sqrt{3}$倍。

由图22-19可知，三相四线制电源给用户提供相、线两种电压。我国的低压系统使用的三相四线制电源额定电压为220/380V，即相电压220V，线电压为380V。三相三线制只提供380V的线电压。

2. 三角形连接（△连接）

电源的三相绕组还可以将一相的末端与另一相的首端依次连成三角形，并由三角形的三个顶点引出三条相线A、B、C给用户供电，如图22-24所示。因此，三角形接法的电源只能采用三相三线制供电方式，且相电压等于线电压。

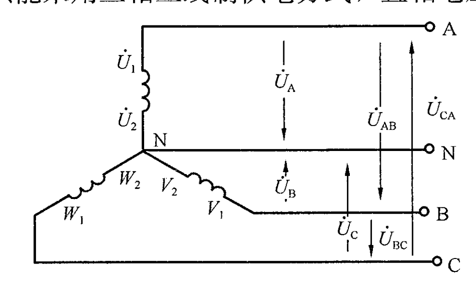


图22-23　星形连接电路图

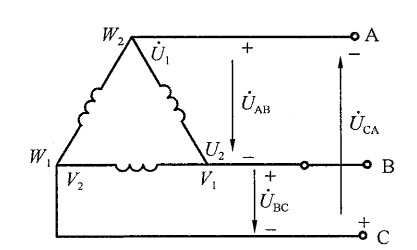


图22-24　三角形连接电路图

（二）负载的连接

交流用电设备分为单相和三相两大类。一些小功率的用电设备（例如电灯、家用电器等）为使用方便都制成单相的，用单相交流电供电，称为单相负载。

三相用电设备内部结构有相同的三部分，根据要求可接成Y形或△形，用对称三相电源供电，称为三相负载，例如三相异步电动机等。

负载接入电源时应遵守两个原则：一是加于负载的电压必须等于负载的额定电压；二是应尽可能使电源的各相负荷均匀、对称，从而使三相电源趋于平衡。

根据以上两个原则，单相负载应平均分接于电源的三个相电压或线电压上。在220/380V三相四线制供电系统中，额定电压为220V的单相负载，如白炽灯、日光灯等分接于各相线与中性线之间，如图22-25（*a*）所示，从总体看，负载连接成星形；380V的单相负载应均匀分接于各相线之间，从总体看，负载连接成三角形，如图22-25（*b*）所示。

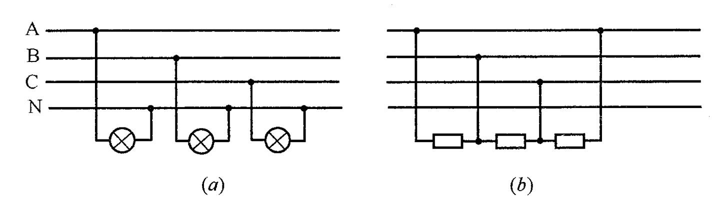


图22-25　负载接入电源的接法

（*a*）负载连接成星形；（*b*）负载连接成三角形

三相负载本身为对称负载，额定电压和相应接法同时在铭牌上给出。三相负载的额定

电压如不特别指明系指线电压。例如，三相异步电动机额定电压为380/220V，连接方式为Y/△，指当电源线电压为380V时，此电动机的三相对称绕组接成Y形，当电源线电压为220V时，则接成△形。

三、电功率的概念

在交流电路中，由于电感、电容对交流电路的影响作用，使得电路中电压、电流的大小和相位关系以及能量转换等问题不同于直流电路。

我国电路负载多为感性负载，即电路呈电感性，电压超前电流 φ 角，功率三角形如图 22-26所示。

$$S=\sqrt{P^2+Q^2} \quad (22\text{-}7)$$

$$\cos\varphi=\frac{P}{S} \quad (22\text{-}8)$$

$$S=UI \quad (22\text{-}9)$$

$$P=UI\cos\varphi=S\cdot\cos\varphi \quad (22\text{-}10)$$

$$Q=UI\sin\varphi=S\cdot\sin\varphi \quad (22\text{-}11)$$

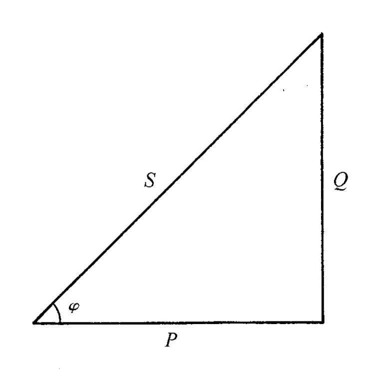


图 22-26　功率三角函数

三相电路的功率：

$$S=\sqrt{3}U_1I_1 \quad (22\text{-}12)$$

$$P=\sqrt{3}U_1I_1\cos\varphi \quad (22\text{-}13)$$

$$Q=\sqrt{3}U_1I_1\sin\varphi \quad (22\text{-}14)$$

式中　U_1——线电压，V（伏），kV（千伏），1kV $=10^3$V；

I_1——线电流，A(安)，kA(千安)，1kA$=10^3$A；

P——有功功率，W（瓦），kW（千瓦），1kW$=10^3$W；

Q——无功功率，Var（乏），kVar（千乏），1kVar$=10^3$Var；

S——视在功率，VA（伏安），kVA（千伏安），1kVA$=10^3$VA；

$\cos\varphi$——功率因数（亦称力率）。

四、变压器与电动机

（一）变压器

变压器是利用电磁感应作用传递交流电能的。它由一个铁芯和绕在铁芯上的两个或多个匝数不等的线圈（绕组）组成，变压器具有变换电压、电流的功能。

在电力系统中，为减小线路上的功率损耗，实现远距离输电，用变压器将发电机发出的电源电压升高后再送入电网。在配电地点，为了用户安全和降低用电设备的制造成本，先用变压器将电压降低，然后分配给用户。

在电子技术中，测量和控制也广泛使用变压器，有用于整流、传递信号和实现阻抗匹配的整流变压器、耦合变压器和输出变压器。这些变压器的容量都较小，效率不是主要的性能指标。除此之外，尚有自耦变压器、仪用互感器及用做金属热加工的电焊变压器、电炉变压器等。

变压器在运行时因有铜损和铁损而发热，使绕组和铁芯的温度升高。为了防止变压器因温度过高而烧坏，必须采取冷却散热措施。常用的冷却介质有两种，即空气和变压器

油。用空气作为介质的变压器称为干式变压器，用油作为介质的变压器称为油浸式变压器。小型变压器的热量由铁芯和绕组直接散发到空气中，这种冷却方式称为空气自冷式，即在空气中自然冷却。油浸式又分为油浸自冷式、油浸风冷式和强迫循环式三种。容量较大的变压器多采用油冷式，即把变压器的铁芯和绕组全部浸在油箱中。油箱中的变压器油（矿物油）除了使变压器冷却外，它还是很好的绝缘材料。相对于油浸式变压器，干式变压器因没有油，也就没有火灾、爆炸、污染等问题，故电气规范、规程等均不要求干式变压器置于单独房间内。特别是新的系列，损耗和噪声降到了新的水平，更为变压器与低压屏置于同一配电室内创造了条件。

目前国内使用变压器种类较多，各类变压器性能比较见表 22-18 所列。

各类变压器性能比较 **表 22-18**

类　别	矿油变压器	硅油变压器	六氟化硫变压器	干式变压器	环氧树脂浇注变压器
价格	低	中	高	高	较高
安装面积	中	中	中	大	小
体积	中	中	中	大	小
爆炸性	有可能	可能性小	不爆	不爆	不爆
燃烧性	可燃	难燃	不燃	难燃	难燃
噪声	低	低	低	高	低
耐湿性	良好	良好	良好	弱（无电压时）	优
耐尘性	良好	良好	良好	弱	良好
损失	大	大	稍小	大	小
绝缘等级	A	A 或 H	E	B 或 H	B 或 F
重量	重	较重	中	重	轻

变压器选择应考虑以下因素：

（1）变电所的位置；

（2）建筑物的防火等级；

（3）建筑物的使用功能及对供电的要求；

（4）当地供电部门对主变压器的管理体制。

在额定功率时，变压器的输出功率和输入功率的比值，叫作变压器的效率，即：

$$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\% \qquad (22\text{-}15)$$

式中　η——变压器的效率，%；

P_1——输入功率，W(瓦)；

P_2——输出功率，W(瓦)。

当变压器的输出功率 P_2 等于输入功率 P_1 时，效率 η 等于 100%，变压器将不产生任何损耗。但实际上这种变压器是没有的。变压器传输电能时总要产生损耗，这种损耗主要有铜损和铁损。

铜损是指变压器线圈电阻所引起的损耗，当电流通过线圈电阻发热时，一部分电能就转变为热能而损耗。由于线圈一般都由带绝缘的铜线缠绕而成，因此称为铜损。

变压器的铁损包括两个方面：一是磁滞损耗，当交流电流通过变压器时，通过变压器硅钢片的磁力线其方向和大小随之变化，使得硅钢片内部分子相互摩擦，放出热能，从而损耗了一部分电能，这便是磁滞损耗。另一是涡流损耗，当变压器工作时，铁芯中有磁力

线穿过，在与磁力线垂直的平面上就会产生感应电流，由于此电流自成闭合回路，形成环流，且成旋涡状，故称为涡流。涡流的存在使铁芯发热，消耗能量，这种损耗称为涡流损耗。

变压器的效率与变压器的功率等级有密切关系，通常功率越大，损耗与输出功率就越小，效率也就越高。反之，功率越小，效率也就越低。

（二）电动机

电能是现代最主要的能源之一。电机是与电能的生产、输送和使用有关的能量转换机械。它不仅是工业、农业和交通运输的重要设备，而且在日常生活中的应用也越来越广泛。

旋转电机的分类方法很多，按功能大致可分为：

(1) 发电机，是一种把机械能转换成电能的旋转机械；

(2) 电动机，是一种把电能转换成机械能的旋转机械；

(3) 控制电机，是控制系统中应用的一种电器。

人们通常按产生或耗用电能种类的不同，把旋转电机分为直流电机和交流电机。交流电机又按它的转子转速与旋转磁场转速的关系不同，分为同步电机和异步电机。异步电机按转子结构的不同，还可分为绕线式异步电机和鼠笼式异步电机。这种分类法可以归纳如图 22-27。

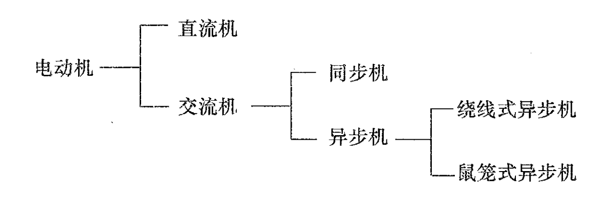


图 22-27　电动机的分类

应该指出，不论是动力电机的能量转换，还是控制电机的信号变换，它们的工作原理都依赖于电磁感应定律。

工农业生产和日常生活中应用得最广泛的是鼠笼式异步电动机。

读者应了解三相异步电动机的启动、反转、调速和制动方法。

例 22-11　**(2009)** 下列哪种调速方法是交流笼型电动机的调速方法？

A　电枢回路串电阻　　B　改变励磁调速

C　变频调速　　D　串级调速

提示：电枢回路串电阻是绕线式异步电机的调速方法；改变励磁调速是直流电机的调速方法；变频调速是交流鼠笼异步电动机的调速方法；串级调速是交流绕线式异步电动机的调速方法。

答案：C

习　题

22 - 1　下列叙述哪个是错误或不全面的？（　　）

A 电力负荷应根据建筑物的大小和规模分为一级负荷、二级负荷及三级负荷

B 重要办公建筑客梯电力属于一级负荷

C 一级负荷应由双重电源供电

D 大型博物馆防盗信号电源属于一级负荷中特别重要的负荷

22-2 下列哪个电源作为应急电源是错误的？（ ）

A 蓄电池　　B 干电池

C 独立于正常电源的发电机组　　D 从正常电源中引出一路专用的馈电线路

22-3 正常情况下，用电单位用电设备容量当大于多少时，应以高压方式供电？（ ）

A 160kVA　　B 160kW　　C 250kVA　　D 250kW

22-4 下列叙述中，哪组答案是正确的？（ ）

Ⅰ. 可燃油油浸电力变压器室的耐火等级不应低于二级

Ⅱ. 高压配电装置室和高压电容器室的耐火等级不应低于三级

Ⅲ. 柴油发电机间耐火等级应为二级

Ⅳ. 贮油间的耐火等级应为一级

A Ⅰ、Ⅳ　　B Ⅰ、Ⅱ　　C Ⅰ、Ⅲ　　D Ⅱ、Ⅳ

22-5 成排布置的低压配电屏，其屏后通道两个出口之间距离超过多少时，其间还应增加出口？（ ）

A 8m　　B 15m　　C 20m　　D 25m

22-6 下述有关配变电所的设置要求中哪个是错误的？（ ）

A 不宜设在地下室的最底层

B 不应设在超高层建筑的避难层

C 不应设在污染源的下风侧

D 不应设在厕所、浴室等场所的正下方或贴邻

22-7 下列叙述中，哪组答案是正确的？（ ）

Ⅰ. 长度大于 7m 的配电装置室应设两个出口，并宜布置在配电室的两端

Ⅱ. 高压配电室和电容器室，临街一面宜设不能开启的自然采光窗

Ⅲ. 有人值班的配变电所，宜设有上下水设施

Ⅳ. 变压器室、电容器室、配电装置室、控制室的附属房间不应有与其无关的管道、明敷线路通过

Ⅴ. 变压器室自然通风的进风和排风的温差不宜大于 15℃

A Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ　　B Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ　　C Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ　　D Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ

22-8 下列叙述，哪组答案是正确的？（ ）

Ⅰ. 柴油发电机房宜靠近一级负荷或配电所设置

Ⅱ. 为减少噪声和振动，柴油发电机组宜远离建筑主体设置

Ⅲ. 发电机间与控制室之间的门，应开向控制室

Ⅳ. 机房内的管沟和电缆沟应有排水、排油措施

A Ⅰ、Ⅳ　　B Ⅱ、Ⅲ　　C Ⅲ、Ⅳ　　D Ⅱ、Ⅳ

22-9 下列叙述中哪组答案是正确的？（ ）

Ⅰ. 交流电安全电压是指标称电压在 65V 及以下

Ⅱ. 消防联动控制设备的直流控制电源电压应采用 24V

Ⅲ. 电缆隧道内照明电压应低于 36V

Ⅳ. 高层建筑乘客电梯，轿顶及井道照明电源电压宜为 36V

A Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ　　B Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ　　C Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ　　D Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ

22-10 由高低压架空供电线路至建筑物第一个支点之间的一段架空线称为接户线，在建筑物侧，高、

低压接户线对地距离不应小于（　　）。

A　6.5m，6m　　B　3m，2.5m　　C　4m，2.5m　　D　1.5m，1m

22-11　沿同一路径敷设电缆多于几根时，宜采用电缆隧道敷设？（　　）

A　6　　B　12　　C　18　　D　22

22-12　下列叙述，哪组答案正确？（　　）

Ⅰ. 建筑顶棚内，可采用护套绝缘线直敷布线

Ⅱ. 穿金属管的交流线路，应将同一回路的相线和中性线穿于同一根管内

Ⅲ. 除向电梯供电的电源线路外，其他线路不得沿电梯井道敷设

Ⅳ. 室内水平直敷布线时，对地距离不应小于 2.5m

A　Ⅰ、Ⅱ　　B　Ⅱ、Ⅲ　　C　Ⅱ、Ⅳ　　D　Ⅰ、Ⅳ

22-13　下列哪项不属于应急照明？（　　）

A　备用照明　　B　疏散照明

C　障碍标志灯　　D　安全照明

22-14　在移动式日用电器的电源线及插座线路中，装有下列哪组保护电器是正确的？（　　）

A　短路保护　　B　过载保护

C　短路、过载保护　　D　短路、过载、漏电保护

22-15　利用金属屋面做接闪器，根据材质要求有一定厚度，在下列答案中，哪个是正确的？（　　）

A　铁板 4mm，铜板 5mm，铝板 7mm

B　铁板 5mm，铜板 4mm，铝板 7mm

C　铁板 4mm，铜板 7mm，铝板 5mm

D　铁板 7mm，铜板 5mm，铝板 4mm

22-16　智能建筑主要有三大系统组成，下列哪个说法较准确？（　　）

A　建筑电气设备自动化系统（BAS），通信自动化系统（CAS），办公自动化系统（OAS）

B　通信自动化（CAS），综合布线（GCS），办公自动化（OAS）

C　保安管理系统（SMS），停车管理系统（CMS），卫星及公用天线电视系统（CATV）

D　建筑设备自动化（BAS），火灾自动报警及联动控制（FAS），办公自动化（OAS）

22-17　下列场所，哪个不适宜选用感温探测器？（　　）

A　厨房、发电机房　　B　汽车库

C　客房、书库　　D　烘干房

22-18　消防用电设备的配电线路，当采用穿金属管保护，暗敷在非燃烧体结构内时，其保护层厚度不应小于（　　）。

A　2cm　　B　2.5cm　　C　3cm　　D　3.5cm

22-19　消防控制室隔墙的防火极限不低于（　　）。

A　2h　　B　2.5h　　C　3h　　D　3.5h

22-20　电话站用房位置，下列哪条选择是错误的？（　　）

A　与其他建筑合建时，宜放在 4 层以下首层以上房间

B　不宜选在汽车库附近

C　应选在位于用户负荷中心配出线方便的地方

D　宜在配电室附近

22-21　关于声控室位置的选择叙述中，哪组答案是完全正确的？（　　）

Ⅰ. 镜框式剧院宜放在舞台台口侧

Ⅱ. 体育馆类建筑宜放在主席台侧

Ⅲ. 报告厅宜放在主席台侧

Ⅳ. 不宜与电气设备机房上、下、左、右贴邻布置

A Ⅰ、Ⅱ　　B Ⅱ、Ⅳ　　C Ⅲ、Ⅳ　　D Ⅰ、Ⅳ

22-22　灯具与图书等易燃物的距离应大于多少?(　　)

A 0.1m　　B 0.3m　　C 0.4m　　D 0.5m

参 考 答 案

22-1	A	22-2	D	22-3	D	22-4	A	22-5	B	22-6	B
22-7	D	22-8	A	22-9	B	22-10	C	22-11	C	22-12	C
22-13	C	22-14	D	22-15	A	22-16	A	22-17	C	22-18	C
22-19	A	22-20	D	22-21	B	22-22	D				

附录1　全国一级注册建筑师资格考试大纲

一、设计前期与场地设计（知识题）

1.1　场地选择

能根据项目建议书，了解规划及市政部门的要求。收集和分析必需的设计基础资料，从技术、经济、社会、文化、环境保护等各方面对场地开发做出比较和评价。

1.2　建筑策划

能根据项目建议书及设计基础资料，提出项目构成及总体构想，包括：项目构成、空间关系、使用方式、环境保护、结构选型、设备系统、建筑规模、经济分析、工程投资、建设周期等，为进一步发展设计提供依据。

1.3　场地设计

理解场地的地形、地貌、气象、地质、交通情况、周围建筑及空间特征，解决好建筑物布置、道路交通、停车场、广场、竖向设计、管线及绿化布置，并符合法规规范。

二、建筑设计（知识题）

2.1　系统掌握建筑设计的各项基础理论、公共和居住建筑设计原理；掌握建筑类别等级的划分及各阶段的设计深度要求；掌握技术经济综合评价标准；理解建筑与室内外环境、建筑与技术、建筑与人的行为方式的关系。

2.2　了解中外建筑历史的发展规律与发展趋势；了解中外各个历史时期的古代建筑与园林的主要特征和技术成就；了解现代建筑的发展过程、理论、主要代表人物及其作品；了解历史文化遗产保护的基本原则。

2.3　了解城市规划、城市设计、居住区规划、环境景观及可持续发展建筑设计的基础理论和设计知识。

2.4　掌握各类建筑设计的标准、规范和法规。

三、建筑结构

3.1　对结构力学有基本了解，对常见荷载、常见建筑结构形式的受力特点有清晰概念，能定性识别杆系结构在不同荷载下的内力图、变形形式及简单计算。

3.2　了解混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构等结构的力学性能、使用范围、主要构造及结构概念设计。

3.3　了解多层、高层及大跨度建筑结构选型的基本知识、结构概念设计；了解抗震设计的基本知识，以及各类结构形式在不同抗震烈度下的使用范围；了解天然地基和人工地基的类型及选择的基本原则；了解一般建筑物、构筑物的构件设计与计算。

四、建筑物理与建筑设备

4.1　了解建筑热工的基本原理和建筑围护结构的节能设计原则；掌握建筑围护结构的保温、隔热、防潮的设计，以及日照、遮阳、自然通风方面的设计。

4.2　了解建筑采光和照明的基本原理，掌握采光设计标准与计算；了解室内外环境照明对光和色的控制；了解采光和照明节能的一般原则和措施。

4.3　了解建筑声学的基本原理；了解城市环境噪声与建筑室内噪声允许标准；了解建筑隔声设计与吸声材料和构造的选用原则；了解建筑设备噪声与振动控制的一般原则；了解室内音质评价的主要指

标及音质设计的基本原则。

4.4　了解冷水储存、加压及分配，热水加热方式及供应系统；了解建筑给排水系统水污染的防治及抗震措施；了解消防给水与自动灭火系统、污水系统及透气系统、雨水系统和建筑节水的基本知识以及设计的主要规定和要求。

4.5　了解采暖的热源、热媒及系统，空调冷热源及水系统；了解机房（锅炉房、制冷机房、空调机房）及主要设备的空间要求；了解通风系统、空调系统及其控制；了解建筑设计与暖通、空调系统运行节能的关系及高层建筑防火排烟；了解燃气种类及安全措施。

4.6　了解电力供配电方式，室内外电气配线，电气系统的安全防护，供配电设备，电气照明设计及节能，以及建筑防雷的基本知识；了解通信、广播、扩声、呼叫、有线电视、安全防范系统、火灾自动报警系统，以及建筑设备自控、计算机网络与综合布线方面的基本知识。

五、建筑材料与构造

5.1　了解建筑材料的基本分类：了解常用材料（含新型建材）的物理化学性能、材料规格、使用范围及其检验、检测方法；了解绿色建材的性能及评价标准。

5.2　掌握一般建筑构造的原理与方法，能正确选用材料，合理解决其构造与连接；了解建筑新技术、新材料的构造节点及其对工艺技术精度的要求。

六、建筑经济、施工与设计业务管理

6.1　了解基本建设费用的组成；了解工程项目概、预算内容及编制方法；了解一般建筑工程的技术经济指标和土建工程分部分项单价；了解建筑材料的价格信息，能估算一般建筑工程的单方造价；了解一般建设项目的主要经济指标及经济评价方法；熟悉建筑面积的计算规则。

6.2　了解砌体工程、混凝土结构工程、防水工程、建筑装饰装修工程、建筑地面工程的施工质量验收规范基本知识。

6.3　了解与工程勘察设计有关的法律、行政法规和部门规章的基本精神；熟悉注册建筑师考试、注册、执业、继续教育及注册建筑师权利与义务等方面的规定；了解设计业务招标投标、承包发包及签订设计合同等市场行为方面的规定；熟悉设计文件编制的原则、依据、程序、质量和深度要求；熟悉修改设计文件等方面的规定；熟悉执行工程建设标准，特别是强制性标准管理方面的规定；了解城市规划管理、房地产开发程序和建设工程监理的有关规定；了解对工程建设中各种违法、违纪行为的处罚规定。

七、建筑方案设计（作图题）

检验应试者的建筑方案设计构思能力和实践能力，对试题能做出符合要求的答案，包括：总平面布置、平面功能组合、合理的空间构成等，并符合法规规范。

八、建筑技术设计（作图题）

检验应试者在建筑技术方面的实践能力，对试题能做出符合要求的答案，包括：建筑剖面、结构选型与布置、机电设备及管道系统、建筑配件与构造等，并符合法规规范。

九、场地设计（作图题）

检验应试者场地设计的综合设计与实践能力，包括：场地分析、竖向设计、管道综合、停车场、道路、广场、绿化布置等，并符合法规规范。

全国一级注册建筑师资格考试各科目考试题型及时间表

序号	科　目	考试题型	考试时间（小时）
一	设计前期与场地设计	单选	2.0
二	建筑设计	单选	3.5

续表

序号	科　　目	考试题型	考试时间（小时）
三	建筑结构	单选	4.0
四	建筑物理与建筑设备	单选	2.5
五	建筑材料与构造	单选	2.5
六	建筑经济、施工与设计业务管理	单选	2.0
七	建筑方案设计	作图	6.0
八	建筑技术设计	作图	6.0
九	场地设计	作图	3.5
合　　计			31.0

说明：注建［2008］1号文件更改建筑技术设计科目考试时间为6.0小时。

附录2　全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目

一、设计前期与场地设计（知识题）

1. 中国建设项目环境保护设计规定（87），国环字第002号
2. 民用建筑设计通则 JGJ 37—87
3. 城市居住区规划设计规范 GB 50180—93（新版即将发行）
4. 城市道路交通规划设计规范 GB 50220—95
5. 建筑设计资料集（第二版）有关章节，1994年6月
6. 余庆康编著．建筑与规划．北京：中国建筑工业出版社，1995（其中第4章选址和用地）
7. 其他有关建筑防火、抗震、防洪、气象、制图标准等规范
8. 国家规范有关总平面设计部分

二、建筑设计（知识题）

1. 建筑构图有关原理
2. 张文忠主编．公共建筑设计原理（第二版）．中国建筑工业出版社
3. 朱昌廉主编．住宅建筑设计原理．中国建筑工业出版社
4. 建筑设计资料集（第二版）．民用建筑设计有关内容．中国建筑工业出版社
5. 《建筑工程设计文件编制深度的规定》等有关文件
6. 刘敦桢主编．中国古代建筑史．中国建筑工业出版社
7. 陈志华著．外国建筑史（十九世纪以前）．中国建筑工业出版社
8. 清华大学等编著．外国近现代建筑史．中国建筑工业出版社
9. 潘谷西主编．中国建筑史编写组．中国建筑史．中国建筑工业出版社
10. 李德华主编．城市规划原理（第二版）．中国建筑工业出版社
11. 夏葵，施燕编著．生态可持续建筑．中国建筑工业出版社
12. 林玉莲，胡正凡编著．环境心理学．中国建筑工业出版社
13. 各类民用建筑设计标准及规范

三、建筑结构

1. 高等院校教材（供建筑学专业用者）

第一分册：重庆建筑工程学院编．建筑力学．理论力学（静力学部分）．高等教育出版社

第二分册：干光瑜，秦惠民编．材料力学．（杆件的压缩、拉伸、剪切、扭转和弯曲的基本知识）．高等教育出版社

第三分册：湖南大学编．结构力学（静定部分）．高等教育出版社
建筑抗震设计．高等教育出版社
黎钟，高云虹编．钢结构．高等教育出版社
郭继武编．建筑地基基础．高等教育出版社
郭继武编．混凝土结构与砌体结构．高等教育出版社

2. 有关规范、标准

建筑结构荷载规范、砌体结构设计规范、木结构设计规范、钢结构设计规范、混凝土结构设计规

范、建筑地基基础设计规范、建筑抗震设计规范、钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程、建筑结构制图标准等规范、标准中属于建筑师应知应会的内容。

四、建筑物理与建筑设备

建筑物理：

1. 刘加平主编. 建筑物理（第三版）：高校建筑学与城市规划专业教材. 中国建筑工业出版社，2000.

2. 建筑设计资料集（第二版）（8、9、10）. 中国建筑工业出版社，1994.

3. 中国建筑科学研究院主编. 民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）JGJ 26—95. 中国建筑工业出版社

4. 中国建筑科学研究院主编. 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ 134—2001. 中国建筑工业出版社

5. 中国建筑科学研究院主编. 民用建筑热工设计规范 GB 50176—93. 中国建筑工业出版社

6. 中国建筑科学研究院主编. 建筑采光设计标准 GB/T 50033—2001. 中国建筑工业出版社

7. 中国建筑科学研究院主编. 民用建筑照明设计标准 GBJ 133—90. 中国计划出版社

8. 中国建筑科学研究院主编. 民用建筑隔声设计规范 GBJ 118—88. 中国计划出版社

9. 国家环境保护局监测总站主编. 城市区域环境噪声标准 GB 3096—93. 国家环保出版社

建筑设备：

1. 建筑给水排水设计手册. 中国建筑工业出版社，1992
2. 建筑给水排水设计规范 GBJ 15—88
3. 建筑设计防火规范 GBJ 16—87（2001 年版）
4. 高层民用建筑设计防火规范 GB 50045—95（2001 年版）
5. 自动喷水灭火系统设计规范 GB 50084—2001
6. 采暖通风与空气调节设计规范 GBJ 19—87
7. 民用建筑热工设计规范 GB 50176—93
8. 民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）JGJ 26—95
9. 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ 134—2001
10. 锅炉房设计规范 GB 50041—92
11. 城镇燃气设计规范 GB 50028—93
12. 陆耀庆主编. 实用供热空调设计手册（上下册）（第二版）. 中国建筑工业出版社，2008.
13. 林琅编. 现代建筑电气技术资质考试复习问答. 中国电力出版社，2002.
14. 民用建筑电气设计规范 JGJ/T 16—92
15. 低压配电设计规范 GB 50054—94
16. 10kV 及以下变电所设计规范 GB 50053—94
17. 供配电系统设计规范 GB 50052—95
18. 建筑物防雷设计规范 GB 50057—94（2000 年版）
19. 民用建筑照明设计标准 GBJ 133—90
20. 火灾自动报警系统设计规范 GB 50116—98
21. 建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范 GB/T 50311—2000

五、建筑材料与构造

1. 高等院校教材：《建筑材料》、《建筑构造》
2. 王寿华，马芸芳，姚庭舟编. 实用建筑材料学. 中国建筑工业出版社，1998.
3. 陕西省建筑设计研究院编. 建筑材料手册（第四版）. 中国建筑工业出版社，2000.
4. 有关规定、规范：

屋面、地面、楼面、防水、装饰、砌体、玻璃幕墙等工程施工及验收规范有关部分

5. 中国新型建筑材料集. 中国建筑工业出版社，1992.

六、建筑经济、施工与设计业务管理

建筑经济：

1. 全国注册建筑师管理委员会编. 一级注册建筑师资格考试手册
2. 全国注册建筑师管理委员会组织编写. 建筑师技术经济与管理读本
3. 建设项目经济评价方法与参数（第2版）. 中国计划出版社
4. 概、预算定额（土建部分）

建筑施工：

1. 砌体工程施工质量验收规范 GB 50203—2002
2. 混凝土结构工程施工质量验收规范 GB 50204—2002
3. 屋面工程质量验收规范 GB 50207—2002
4. 地下防水工程质量验收规范 GB 50208—2002
5. 建筑地面工程施工质量验收规范 GB 50209—2002
6. 建筑装饰装修工程质量验收规范 GB 50210—2001

设计业务管理：

法律：

1. 中华人民共和国建筑法（主席令第91号）
2. 中华人民共和国招标投标法（主席令第21号）
3. 中华人民共和国城市房地产管理法（主席令第29号）
4. 中华人民共和国合同法（主席令第15号），总则第一章至第四章及第十六章（建设工程合同）
5. 中华人民共和国城市规划法（主席令第23号）

行政法规：

6. 中华人民共和国注册建筑师条例（国务院第184号令）
7. 建设工程勘察设计管理条例（国务院第293号令）
8. 建设工程质量管理条例（国务院第279号令）

部门规章：

9. 中华人民共和国注册建筑师条例实施细则（建设部第52号令）
10. 实施工程建设强制性标准监督规定（建设部第81号令）
11. 工程建设若干违法违纪行为处罚办法（建设部第68号令）
12. 建筑工程设计招标投标管理办法（建设部第82号令）

注：全国注册建筑师管理委员会2004年4月21日通知：每年考试所使用的规范、标准，以本考试年度上一年12月31日以前正式实施的规范、标准为准。

现行常用建筑法规、规范、规程、标准一览表（截至2017年底）

序号	编　号	名　称	被代替编号
法律、法规			
1		中华人民共和国建筑法(2011年7月1日起施行)	
2		中华人民共和国城乡规划法(2008年1月1日起施行)	
3		中华人民共和国安全生产法(2014年12月1日起施行)	

续表

序号	编　　号	名　　称	被代替编号
4		中华人民共和国环境保护法(2015年1月1日起施行)	
5		中华人民共和国注册建筑师条例(1995年9月23日起施行)	
6		中华人民共和国注册建筑师条例实施细则(2008年3月15日起施行)	
7		中华人民共和国招标投标法(2000年1月1日起施行)	
8		中华人民共和国建筑法(2011年修正版，2011年7月1日起实施)	
9		中华人民共和国城市房地产管理法(2007年8月30日第一次修正，2009年8月27日第二次修正)	
10		建设工程勘察设计管理条例(2015年6月12日公布，自公布之日起施行)	
11		建设工程质量管理条例(2000年1月30日起施行)	
12		建筑工程设计文件编制深度规定(2017年1月1日起施行)	2008年版
		总图、规划、道路	
1	GB 50137—2011	城市用地分类与规划建设用地标准	GBJ 137—90
2	GB 50925—2013	城市对外交通规划规范	
3	GB 50220—95	城市道路交通规划设计规范	
4	GB 50289—2016	城市工程管线综合规划规范	GB 50289—98
5	CJJ 83—2016	城乡建设用地竖向规划规范	CJJ 83—99
6	GB/T 51163—2016	城市绿线划定技术规范	
7	GB 50180—93	城市居住区规划设计规范(2016年版)	(2002年版)
8	GB/T 51149—2016	城市停车规划规范	
9	CJJ 37—2012	城市道路工程设计规范(2016年版)	局部修订
10	GB/T 50103—2010	总图制图标准	GB/T 50103—2001
11	CJJ/T 97—2003	城市规划制图标准	
12	GB 50026—2007	工程测量规范	
13	GB 50201—2014	防洪标准	GB 50201—94
14	GB 50805—2012	城市防洪工程设计规范	CJJ 50—1992
15	GB 50413—2007	城市抗震防灾规划标准	
16	GB 51080—2015	城市消防规划规范	
17	CJJ/T 135—2009	透水水泥混凝土路面技术规程	
18	CJJ/T 190—2012	透水沥青路面技术规程	
19	CJJ/T 188—2012	透水砖路面技术规程	

续表

序号	编　号	名　称	被代替编号
		建　筑	
1	GB/T 50353—2013	建筑工程建筑面积计算规范	GB/T 50353—2005
2	GB/T 50104—2010	建筑制图标准	GB/T 50104—2001
3	GB/T 50001—2010	房屋建筑制图统一标准	GB/T 50001—2001
4	GB/T 50002—2013	建筑模数协调标准	GBJ 2—86、 GB/T 50100—2001
5	GB/T 50504—2009	民用建筑设计术语标准	
6	GB 50352—2005	民用建筑设计通则	JGJ 37—1987
7	GB 50763—2012	无障碍设计规范	JGJ 50—2001
8	GB/T 50378—2014	绿色建筑评价标准	GB/T 50378—2006
9	GB 50096—2011	住宅设计规范	GB 50096—99
10	GB 50368—2005	住宅建筑规范	
11	GB/T 50362—2005	住宅性能评定技术标准	
12	GB 50340—2016	老年人居住建筑设计规范	老年人居住建筑设计标准 GB/T 50340—2003 老年人建筑设计规范 JGJ 122—99
13	GB 50867—2013	养老设施建筑设计规范	
14	JGJ 39—2016	托儿所、幼儿园建筑设计规范	JGJ 39—87
15	GB 50099—2011	中小学校设计规范	GBJ 99—86
16	JGJ 67—2006	办公建筑设计规范	JGJ 67—1989
17	JGJ 36—2016	宿舍建筑设计规范	JGJ 36—2005
18	JGJ 62—2014	旅馆建筑设计规范	
19	JGJ 58—2008	电影院建筑设计规范	JGJ 58—1988
20	JGJ 57—2016	剧场建筑设计规范	JGJ 57—2000
21	JGJ 218—2010	展览建筑设计规范	
22	JGJ/T 41—2014	文化馆建筑设计规范	JGJ/T 41—87(试行)
23	JGJ 25—2010	档案馆建筑设计规范	JGJ 25—2000
24	JGJ 38—2015	图书馆建筑设计规范	JGJ 38—99
25	JGJ 66—2015	博物馆建筑设计规范	JGJ 66—91
26	JGJ 48—2014	商店建筑设计规范	JGJ 48—88
27	JGJ 31—2003	体育建筑设计规范	
28	GB 50226—2007	铁路旅客车站建筑设计规范(2011 年版)	GB 50226—95
29	GB 50091—2006	铁路车站及枢纽设计规范	
30	JGJ/T 60—2012	交通客运站建筑设计规范	JGJ 60—99/JGJ 86—92
31	CJJ 14—2005	城市公共厕所设计标准	
32	GB 51039—2014	综合医院建筑设计规范	JGJ 49—88
33	GB 50849—2014	传染病医院建筑设计规范	
34	GB 50333—2013	医院洁净手术部建筑技术规范	GB 50333—2002
35	GB 50038—2005	人民防空地下室设计规范	GB 50038—94

续表

序号	编　　号	名　　称	被代替编号
36	JGJ 100—2015	车库建筑设计规范	原《汽车库建筑设计规范》JGJ 100—98
37	GB 50041—2008	锅炉房设计规范	GB 50041—92
38	JGJ/T 229—2010	民用建筑绿色设计规范	
39	GB/T 50668—2011	节能建筑评价标准	
40	GB 50037—2013	建筑地面设计规范	GB 50037—96
41	GB/T 50947—2014	建筑日照计算参数标准	
42	GB/T 50033—2013	建筑采光设计标准	GB 50033—2001
43	GB 50118—2010	民用建筑隔声设计规范	GBJ 118—88
44	GB 50121—2005	建筑隔声评价标准	
45	GB/T 50356—2005	剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范	
46	JGJ/T 131—2012	体育场馆声学设计及测量规程	JGJ/T 131—2000
47	GB 50325—2010	民用建筑工程室内环境污染控制规范(2013 年版)	GB 50325—2001
		结　　构	
1	GB/T 50105—2010	建筑结构制图标准	GB/T 50105—2001
2	GB 50068—2001	建筑结构可靠度设计统一标准	GBJ 68—84
3	GB/T 50083—2014	工程结构设计基本术语标准	GB/T 50083—97
4	GB 50223—2008	建筑工程抗震设防分类标准	GB 50223—2004
5	GB 50153—2008	工程结构可靠性设计统一标准	GB 50153—92
6	JGJ/T 97—2011	工程抗震术语标准	JGJ/T 97—95
7	GB 50011—2010	建筑抗震设计规范	局部修订
8	GB 50009—2012	建筑结构荷载规范	GB 50009—2001(2006 年版)
9	GB 50003—2011	砌体结构设计规范	GB 50003—2001
10	GB 50010—2010	混凝土结构设计规范	局部修订
11	JGJ 369—2016	预应力混凝土结构设计规范	
12	JGJ 3—2010	高层建筑混凝土结构技术规程	JGJ 3—2002
13	GB 50005—2003	木结构设计规范(2005 年版)	GBJ 5—88
14	GB/T51226—2017	多高层木结构建筑技术标准	
15	GB 50017—2003	钢结构设计规范	GBJ 17—88
16	GB 50007—2011	建筑地基基础设计规范	GB 50007—2002
17	JGJ 79—2012	建筑地基处理技术规范	JGJ 79—2002
18	GB 50021—2001	岩土工程勘察规范(2009 年版)	GB 50021—94
19	JGJ 209—2010	轻型钢结构住宅技术规程	
20	JGJ 116—2009	建筑抗震加固技术规程	
21	JGJ 7—2010	空间网格结构技术规程	JGJ 7—91 和 JGJ 61—2003
22	GB 50422—2017	预应力混凝土路面工程技术规范	GB 50422—2007
23	JGJ 339—2015	非结构构件抗震设计规范	
		给排水	
1	GB/T 50106—2010	建筑给水排水制图标准	GB/T 50106—2001
2	GB/T 50125—2010	给水排水工程基本术语标准	
3	GB 50015—2003	建筑给水排水设计规范(2009 年版)	GBJ 15—88

续表

序号	编　　号	名　　称	被代替编号
4	GB 50013—2006	室外给水设计规范	GBJ 13—86
5	GB 50014—2006	室外排水设计规范(2014 年版)	GBJ 14—87
6	GB 50336—2002	建筑中水设计规范	
7	GB 50318—2000	城市排水工程规划规范	
8	CJJ 140—2010	二次供水工程技术规程	
9	GB 50555—2010	民用建筑节水设计标准	
		暖通、空调、燃气	
1	GB/T 50114—2010	暖通空调制图标准	GB/T 50114—2001
2	GB 50736—2012	民用建筑供暖通风与空气调节设计规范	GB 50019—2003
3	JGJ 26—2010	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准	JGJ 26—95
4	JGJ 75—2012	夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准	JGJ 75—2003
5	JGJ 134—2010	夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准	JGJ 134—2001
6	GB 50176—2016	民用建筑热工设计规范	GB 50176—93
7	GB 50189—2015	公共建筑节能设计标准	
8	JGJ 176—2009	公共建筑节能改造技术规范	
9	JGJ/T 177—2009	公共建筑节能检测标准	
10	JGJ/T 132—2009	居住建筑节能检测标准	JGJ/T 132—2001
11	JGJ/T 129—2012	既有居住建筑节能改造技术规程	JGJ 129—2000
12	CJJ/T 185—2012	城镇供热系统节能技术规范	
13	GB/T 50785—2012	民用建筑室内热湿环境评价标准	
14	GB 50028—2006	城镇燃气设计规范	GB 50028—93
15	GB 50364—2005	民用建筑太阳能热水系统应用技术规范	
16	JGJ 142—2012	辐射供暖供冷技术规程	JGJ 142—2004
		电　　气	
1	GB/T 50786—2012	建筑电气制图标准	
2	JGJ 16—2008	民用建筑电气设计规范	JGJ/T 16—92
3	JGJ 242—2011	住宅建筑电气设计规范	
4	JGJ 310—2013	教育建筑电气设计规范	
5	JGJ 392—2016	商店建筑电气设计规范	
6	GB 50314—2015	智能建筑设计标准	GB/T 50314—2006
7	GB 50311—2016	综合布线系统工程设计规范	GB 50311—2007
8	GB 50057—2010	建筑物防雷设计规范	GB 50057—94
9	GB 50052—2009	供配电系统设计规范	GB 50052—95
10	GB 50034—2013	建筑照明设计标准	GB 50034—2004
11	JGJ/T 119—2008	建筑照明术语标准	JGJ/T 119—98
12	JGJ 203—2010	民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范	
		消　　防	
1	GB 50016—2014	建筑设计防火规范	建筑设计防火规范 GB 50016—2006 高层民用建筑设计防火规范 GB 50045—95

续表

序号	编　　号	名　　称	被代替编号
2	GB 50067—2014	汽车库、修车库、停车场设计防火规范	GB 50067—97
3	GB 50222—95	建筑内部装修设计防火规范(2001年版)	
4	GB 50098—2009	人民防空工程设计防火规范	GB 50098—98
5	GB 50974—2014	消防给水及消火栓系统技术规范	
6	GB 50116—2013	火灾自动报警系统设计规范	GB 50116—98
7	GB 50084—2001	自动喷水灭火系统设计规范(2005年版)	GBJ 84—85
		施　　工	
1	GB/T 50841—2013	建设工程分类标准	
2	GB/T 50375—2016	建筑工程施工质量评价标准	GB/T 50375—2006
3	GB/T 50502—2009	建筑施工组织设计规范	
4	GB 50345—2012	屋面工程技术规范	GB 50345—2004
5	GB 50207—2012	屋面工程质量验收规范	GB 50207—2002
6	GB 50693—2011	坡屋面工程技术规范	
7	JGJ 155—2013	种植屋面工程技术规程	JGJ 155—2007
8	JGJ 230—2010	倒置式屋面工程技术规程	
9	JGJ 255—2012	采光顶与金属屋面技术规程	
10	GB 50204—2015	混凝土结构工程施工质量验收规范	GB 50204—2002(2011年版)
11	JGJ/T 17—2008	蒸压加气混凝土建筑应用技术规程	
12	JGJ/T 14—2011	混凝土小型空心砌块建筑技术规程	JGJ/T 14—2004
13	JGJ 126—2015	外墙饰面砖工程施工及验收规程	
14	JGJ/T 220—2010	抹灰砂浆技术规程	
15	JGJ/T 235—2011	建筑外墙防水工程技术规程	
16	JGJ 144—2004	外墙外保温工程技术规程	
17	JG/T 372—2012	建筑变形缝装置	
18	GB 51004—2015	建筑地基基础工程施工规范	
19	GB 50202—2016	建筑地基基础工程施工质量验收规范	GB 50202—2002
20	GB 50108—2008	地下工程防水技术规范	GB 50108—2001
21	GB 50209—2010	建筑地面工程施工质量验收规范	GB 50209—2002
22	GB 50330—2013	建筑边坡工程技术规范	GB 50330—2002
23	JGJ 120—2012	建筑基坑支护技术规程	JGJ 120—99
24	JGJ/T 104—2011	建筑工程冬期施工规程	JGJ/T 104—97
25	GB 50156—2012	汽车加油加气站设计与施工规范	GB 50156—2002
		材　　料	
1	GB 6566—2010	建筑材料放射性核素限量	GB 6566—2001
2	GB 18580—2001	室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量	
3	GB/T 7106—2008	建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法	GB/T 7106—2002、GB/T 7107—2002、GB/T 7108—2002、GB/T 13685—1992、GB/T 13686—1992

续表

序号	编　　号	名　　称	被代替编号
4	GB/T 8484—2008	建筑外门窗保温性能分级及检测方法	GB/T 8484—2002、GB/T 16729—1997
5	GB/T 8485—2008	建筑门窗空气声隔声性能分级及检测方法	GB/T 8485—2002、GB/T 16730—1997
6	JGJ 214—2010	铝合金门窗工程技术规范	
7	JGJ 103—2008	塑料门窗工程技术规程	JGJ 103—96
8	GB 12955—2008	防火门	GB 12955—1991、GB 14101—1993
9	GB 16809—2008	防火门	GB 16809—1997
10	JGJ 113—2015	建筑玻璃应用技术规程	JGJ 113—2009
11	JGJ/T 29—2015	建筑涂饰工程施工及验收规程	JGJ/T 29—2003
12	JG 138—2010	建筑玻璃点支承装置	JG 138—2001
13	GB/T 17748—2016	建筑幕墙用铝塑复合板	GB/T 17748—2008
14	GB 16776—2005	建筑用硅酮结构密封胶	GB 16776—1997
15	JGJ/T 191—2009	建筑材料术语标准	
		装　　修	
1	JGJ 367—2015	住宅室内装饰装修设计规范	
2	JGJ 345—2014	公共建筑吊顶工程技术规程	
3	JGJ 133—2001	金属与石材幕墙工程技术规范	
4	JGJ 102—2003	玻璃幕墙工程技术规范	JGJ 102—96
5	JGJ 298—2013	住宅室内防水工程技术规范	
6	JGJ/T 157—2014	建筑轻质条板隔墙技术规程	JGJ/T 157—2008
7	JGJ/T 175—2009	自流平地面工程技术规程	
8	JGJ 237—2011	建筑遮阳工程技术规范	
9	GB 50327—2001	住宅装饰装修工程施工规范	
10	GB 50210—2001	建筑装饰装修工程质量验收规范	
11	JGJ/T 29—2015	建筑涂饰工程施工及验收规程	JGJ/T 29—2003
12	GB 50325—2010	民用建筑工程室内环境污染控制规范(2013 年版)	GB 50325—2001
		园　　林	
1	GB 50420—2007	城市绿地设计规范	局部修订
2	GB 51192—2016	公园设计规范	CJJ 48—92
3	CJJ 267—2017	动物园设计规范	
		其　　他	
1	GB/T 50319—2013	建设工程监理规范	GB/T 50319—2000
2	GB 50500—2013	建设工程工程量清单计价规范	GB 50500—2008
3	GB/T 51095—2015	建设工程造价咨询规范	
4	CJJ 47—2006	生活垃圾转运站技术规范	

附录3　2017年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项

一、报考

考生应按考务文件的规定报名参加考试，严禁在专业、学历、工作经验及职业实践等方面弄虚作假，骗取报考资格。对弄虚作假骗取考试资格的，依据《专业技术人员资格考试违纪违规行为处理规定》处理。

二、职业实践要求

根据《关于〈一级注册建筑师职业实践登记手册〉有关事项的通知》（注建秘〔2015〕4号），全国注册建筑师管理委员会不再统一印制《一级注册建筑师职业实践登记手册》，报考人员可在住房和城乡建设部执业资格注册中心网站（www.pqrc.org.cn）上下载《一级注册建筑师职业实践登记手册》标准格式的电子文档，打印后按照职业实践内容填写，已经持有的《一级注册建筑师职业实践登记手册》可继续使用。

三、考试大纲及成绩有效期

2017年度全国一、二级注册建筑师资格考试大纲、科目及成绩有效期等保持不变，暂停考试的年份（2015年和2016年）不计入成绩有效期。

四、考试时间

2017年度全国一级注册建筑师资格考试时间在5月的2个连续的周末进行，请注意考试时间及科目安排，以免耽误考试。

五、参加知识题考试

1. 考生应携带2B铅笔、橡皮、无声及无文本编辑功能的计算器参加考试。

2. 在答题前，考生必须认真阅读印于试卷封二的“应试人员注意事项”，必须将工作单位、姓名、准考证号如实填写在试卷规定的栏目内，将姓名和准考证号填写并填涂在答题卡相应的栏目内。在其他位置书写单位、姓名、准考证号等信息的按违纪违规行为处理。

3. 按题号在答题卡上将所选选项对应的信息点用2B铅笔涂黑。如有改动，必须用橡皮擦净痕迹，以防电脑阅卷时误读。

六、参加作图题考试

1. 考生于考试前30分钟进入考场做准备。

2. 考生应携带以下工具和文具参加作图题考试：图板、无声及无文本编辑功能的计算器，三角板一套，圆规，丁字尺，比例尺，建筑模板，绘图笔一套，铅笔，橡皮，订书机，刮图刀片，胶带纸等。不得携带草图纸、涂改液、涂改带等。参加一级注册建筑师“建筑技术设计”和“场地设计”科目考试的考生还应携带2B铅笔。

3. 正式答题前，考生必须认真阅读本作图题考试科目的“应试人员注意事项”，将姓名、准考证号如实填写在试卷封面规定的栏目内，姓名、准考证号应用正体书写，清晰并易于辨识。参加“建筑技术设计”和“场地设计”科目考试的考生，还须将姓名和准考证号填写并填涂在答题卡相应的栏目内。

4. 作图题必须按规定的比例用黑色绘图笔绘制在试卷上。所有线条应光洁、清晰，不易擦去。各科目里若有允许徒手绘制的线条，其有关说明见相应作图题科目“应试人员注意事项”中的规定。

5. 考生可将试卷拆开以便作答，作答完毕后由考生本人将全部试卷按照页码编号顺序用订书机重新装订成册，订书钉应订在封面指定位置。

6. “建筑技术设计”和“场地设计”两个作图题考试科目试卷上有选择题，考生按下列三个步骤完成作答：(1) 作图；(2) 根据作图完成选择题作答，并将所选选项用黑色墨水笔填写在括号内；(3) 根据选择题作答结果填涂答题卡，按题号在答题卡上将所选选项对应的信息点用 2B 铅笔涂黑。漏做其中任一步骤均视为无效卷，不予评分。所选选项必须写在括号内，不写、写在括号外或用“√”、“×”等符号表示的，人工复评时不予认可，不予评分。选择题只能选择一个正确答案，且试卷上选择题所选答案必须与答题卡所填涂答案一致。

7. 作图题试卷有下列情形之一，造成无法评分的，后果由个人负责：

(1) 姓名和准考证号填写错误的；

(2) 试卷缺页的；

(3) “建筑技术设计”或“场地设计”科目作图选择题与答题卡选项不一致的；

(4) “建筑技术设计”或“场地设计”科目的作图选择题、答题卡作答空缺的；

(5) “建筑技术设计”或“场地设计”科目试卷上的作图选择题未按规定填写答案的。

8. 特别提请注意，作图题试卷有下列情况之一的，按违纪违规行为处理：

(1) 用彩色笔、铅笔、非制图用圆珠笔及泛蓝色钢笔等非黑色绘图笔制图的；

(2) 将草图纸夹带或粘贴在试卷上的；

(3) 在试卷指定位置以外书写姓名、准考证号，或在试卷上做与答题无关标记的；

(4) 使用涂改液或涂改带修改图纸的。

附录 4　解读《2017 年考生注意事项》

郭保宁

由于工作关系，笔者自 1992 年陪同叶如棠部长考察美国注册建筑师制度及编写注册建筑师条例以来，绝大部分时光都在从事注册建筑师考试的组织工作直至退休。在工作中发现考生因备考不充分、缺少具有针对性的应试技巧、对题目作答要求不够重视等非技术因素造成考试成绩不理想的情况时有发生。每年布置考试考务工作的文件均附有《××××年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项》，本文旨在结合本人所了解的情况和个人理解对《考生注意事项》做逐条解读，以便广大考生更有针对性地做好备考工作。

一、报考

考生参加考试，考务机构需要按规定的报考条件确认考生是否具备考试资格，骗取考试资格的行为一经发现，需按上述规定对考生做出停考处理。所以，希望考生做到如实申报，在个人执业生涯中不留任何不良记录。

二、职业实践要求

完成手册所要求的实践科目和学时，是考生必备的报考条件之一。

三、考试大纲及成绩有效期

在国务院清理规范各类职业资格期间，一、二级注册建筑师在 2015 年和 2016 年暂停了考试。恢复考试后，为消除考生的疑虑，需要重申没有改变考试规则，且 8 年成绩有效期的年份计算中不包括 2015 年和 2016 年两个年份。

四、考试时间

2014 年及以前的一级注册建筑师考试时间均在周六至周二连续四天中借用学校教室进行。由于近年来对学校教育的重视，一些地方无法做到周一、周二停课，因此考试时间做了相应变动。这也从客观上缓解了考生连续四天考试的压力。

五、参加知识题考试

一级注册建筑师资格考试中有 6 个考试科目为知识题，它们是："设计前期与场地设计"、"建筑设计"、"建筑结构"、"建筑物理与建筑设备"、"建筑材料与构造"、"建筑经济、施工与设计业务管理"；二级注册建筑师资格考试中有 2 个考试科目为知识题，它们是："建筑结构与设备"和"法律、法规、经济与施工"。知识题考题的题型全部为单项选择题，每一个选择题都有一个提出问题的题干，题干由疑问句或不完全陈述句构成，后附 4 个选项供选择，其中只有 1 个为正确选项，考生对这种标准化的考试方式应当不陌生。

1. 2B 铅笔用于填涂答题卡，建议在正规商店购买 2B 铅笔，以确保用笔质量。"无声及无文本编辑功能"是人力资源与社会保障部人事考试中心对各类资格考试用计算器的统一要求。

2. 考试前，监考人员会提前下发试卷并留出充足的时间让考生阅读"应试人员注意事项"，并在试卷及答题卡上填写单位、姓名、准考证号等信息。考生一定要认真完成，切不可为多争取几分钟的时间而过早开始审题答题。实际考试工作中，有些案例就是因为考生违反"应试人员注意事项"或填写、填涂错误造成的。在其他位置书写单位、姓名、准考证号等信息的按违纪违规行为处理。

六、参加作图题考试

注册建筑师考试作图题分为两类。一类为作图选择题，既要求作图，又要求在试卷和答题卡上填写或填涂选择题选项；它们是：一级注册建筑师的“建筑技术设计”和“场地设计”考试科目。另一类为单纯作图题，只需要完成作图即可；考试科目为一级注册建筑师的“建筑方案设计”和二级注册建筑师的“场地与建筑设计”、“建筑构造与详图”。作图题主要是考察考生的方案构思能力、工程实践能力和表达能力，这是建筑师的看家本事，也是众多考生通过九科考试前的扫尾科目，这就更需要考生事先了解作图题的考试方式和作答要求。

1. 希望考生尽早进入考场，提前做好布置图板、准备绘图用具等工作。

2. 多准备一些工具和文具可以做到有备无患，其中有的无数量与规格要求，如各类建筑模板建议多带，以备可能出现的多种用场。绘图笔（黑色墨水），建议带常用规格、不同粗细的不少于 3 支，2B 铅笔专用于填涂答题卡。考场上将为每位考生统一配发草图纸。用涂改液或涂改带修改图纸者，其试卷按违规卷处理，不予评分。

3. 正式答题前，切记认真阅读本作图题考试科目的“应试人员注意事项”！每年都有因未按要求作答而影响考试成绩者出现。2003 年以来，一级注册建筑师资格考试中的“建筑技术设计”和“场地设计”两门作图题考试结束后，均先由电脑对考生的答题卡进行读卡评分，根据考生的读卡成绩决定其考卷能否进入下一步——人工复评。所以，这两门作图题考试均配有答题卡，考生要在答题卡相应的栏目内填写姓名和填涂准考证号；建议考生仔细填写、填涂，并核对这部分内容。

4. 试卷的“应试人员注意事项”中有可能对徒手绘制线条的范围做出规定，这主要是为了便于考生提高制图速度。但有两点需要注意：1. 画长线条时，再好的徒手功夫也没有在尺上画得快；2. 画建筑单元模块时，用模板要比徒手画图快。至于借助工具还是徒手绘图，关键是看哪个速度更快。

5. 考生可将试卷拆开以便作答，拆开试卷的考生要注意保管好自己的每一页试卷，往年考试中曾发生过被抄袭及破损的情况。作答完毕后，考生本人应将全部试卷按照页码编号顺序用订书机重新装订成册。试卷装订漏页有可能会被带离考场，按违纪违规行为处理。提请拆开试卷作答的考生注意，考试完毕装订试卷时切记要仔细核对试卷的页码顺序，以防发生漏页的情况，引起不必要的麻烦。同时要核对试卷封面上的个人信息，以免张冠李戴；之后再装订成册。订书钉应订在封面指定位置。在封面左侧装订线处指定了 4 个装订位置，考生应将其订满，以确保试卷在运输和阅卷期间不会开散。

6. 考生在完成每道题的作图任务后，切记要同时在试卷选择题和答题卡上作答。如漏做了后者，在电脑读答题卡时，有可能因分数未达到合格线而不能调卷参加全国统一组织的人工复评；如漏做了前者，即使有可能调卷参加人工复评，也会因试卷上无选择题答案，无法进行人工复核而被视为无效试卷。所以在此强调两部分都要作答的重要性；不管忽略哪一项，都有可能失去考试通过的机会。试卷上的选择题为填空作答，要求用黑色墨水笔将所选答案选项（A、B、C、D 四者之一）填写进选择题给定位置的括号中。在填涂答题卡时，仍须用 2B 铅笔涂黑所选选项的信息点；如有改动，必须用橡皮擦净痕迹，以防电脑阅卷时误读。

7. 作图题考试的要求比知识题要复杂，《考生注意事项》将参加作图题考试中无法评分和违纪违规的情况集中列于此处，目的是让考生能清晰地了解此部分要求，从而杜绝此类错误、违规行为的发生。

七、提请考生注意

1. 合理分配考试时间

对于知识题，可参照下表各科目每题平均作答所用时间，以此掌握答题速度并注意留出检查的时间，这样便于从容作答及整体把握答题进度。

级别	一级						二级	
科目	设计前期与场地设计	建筑设计	建筑结构	建筑物理与建筑设备	建筑材料与构造	建筑经济、施工与设计业务管理	建筑结构与设备	法律、法规、经济与施工
题量	90	140	120	100	100	85	100	100
考试时间（时）	2.0	3.5	4.0	2.5	2.5	2.0	3.5	3.0
每题平均用时（分）	1.33	1.50	2.00	1.50	1.50	1.41	2.10	1.80

对于一级注册建筑师“建筑技术设计”、“场地设计”和二级注册建筑师“建筑构造与详图”这类每一门考试科目中有几道作图题的考试来说，建议考生拿到试卷后先通览一遍考题，先挑相对简单和自己熟悉的题来做，以防被相对复杂和自己不熟悉的题占用过多时间，从而影响自己整体水平的发挥。另外，笔者要再次强调，一级注册建筑师“建筑技术设计”和“场地设计”两门作图题考试都有选择题，考试结束后先要由电脑对考生的答题卡进行读卡评分，根据读卡成绩淘汰掉分数未达到合格线的试卷，未淘汰的才能被调卷进行人工复评；考生要充分认识到填涂答题卡的重要性。另外，别忘记在试卷上的选择题中选择答案，否则也会因为试卷上无选择题答案而无法进行人工复核。因此，考生一定要安排出适当的时间做选择题和填涂答题卡。此前每年都出现过考生的读卡成绩较高，作图也不错，但试卷上的选择题未做，因而人工复评时无法对其进行复核，最终考试未能通过的情况。

对于一级注册建筑师“建筑方案设计”作图题和二级注册建筑师“场地与建筑设计”里的第二题“建筑设计”作图题，考生要根据个人的具体情况大致划分方案构思与制图表达两个阶段的时间分配量，在人工评卷中，每年都可以发现既有方案构思不错而制图表达未完成的，又有制图表达完整但方案有明显缺陷的，只有把握好两阶段的时间分配量，才能保证个人整体水平的充分发挥。

2. 方案作图题的作答方法

方案作图题特指一级注册建筑师“建筑方案设计”作图题和二级注册建筑师“场地与建筑设计”里的第二题“建筑设计”作图题，这类试题基本相当于大学的快速设计，但比快速设计更加注重方案构思和工程实践能力，而淡化一些其他内容（如无立面设计等）。完成这类考试建议分四步：（1）完全读懂题目要求，分析并明确作图任务；（2）根据任务描述、功能关系图等已知条件，结合上述分析，在草图纸上勾画草图；（3）确定结构柱网尺寸、面积等定量因素，同时对照题目要求调整、完善平面布局、功能关系及各部分面积；（4）在试卷上正式制图。提醒考生制图时要像画素描一样注意整体把握制图深度的一致性。笔者见过这样的答卷，一层平面图中的作图细致到结构部分全部涂黑，卫生间能表现的内容也都画了出来，但二层平面却是空白！因建筑一、二层有很多相互关联的功能关系，一层画得再好有时也无法单独给分。像这样的情况实属可惜。另外，应避免对细部、局部花过多时间和片面追求图面质量，而要把主要精力用于平面及功能关系等总体方案的构思和设计上。

3. 充分做好考前非技术因素的准备工作

考生在备考时除了全面、系统地梳理各科目专业知识外，建议用一些时间做好考前非技术因素的准备工作。笔者认为有以下几点应引起重视：（1）考试前认真阅读当年的《全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项》。每年的《考生注意事项》与往年相比都会多多少少有一些变动；尤其近年来，在考试要求上可能会有一些新的内容，提请考生密切关注、高度重视。如未能在报考部门得到《考生注意事项》，考生可在住房和城乡建设部执业资格注册中心网站（www.pqrc.org.cn）上查找当年的考试考务

通知。参加各科目考试在正式答题前，一定要认真阅读试卷上的“应试人员注意事项”。（2）通过阅读《全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项》、考前培训和与其他考生交流，掌握好各考试科目的个人信息填写、填涂要求和作答要求。（3）登录相关网站（如ABBS建筑论坛等），在不违反考试规则的前提下借鉴其他考生的考试经验。（4）参加考试时所携带的工具和文具应尽量齐全，但注意不要发生规定所禁止的行为，如用涂改液、涂改带修改作图题的线条等。此外还需注意，如个别地方的考场未给考生准备图板，考生要自己准备2号图板参加作图题考试。（5）由于我国建筑设计行业率先实现了计算机辅助设计，近十几年毕业的考生几乎没有在图板上做设计、绘图的经历，建议考前多做一些手工制图的练习，以确保作图速度和质量。

本文仅以个人观点为考生提出一些建议，如与相关规定或要求不符，应以相关规定或要求为准。最后预祝考生在考试中取得好成绩！

2017年9月

附录5 对知识单选题考试备考和应试的建议

一级注册建筑师的9门考试中有6门是知识单选题考试。二级注册建筑师的4门考试中有2门是知识单选题考试。从2011年起，一级《建筑设计》、《建筑结构》、《建筑物理与建筑设备》和《建筑材料与构造》4科知识单选题考试在考试时间不变的条件下，每科的试题数均较2010年的试题数减少了20道题，减轻了考生的负担。其他2科和二级的2科试题数没有变化。这些知识单选题的试题数、考试时间和及格标准见下表。

分级	考试科目	考试时间（小时）	考试题数	试卷满分	及格标准
一级	设计前期与场地设计	2.0	90	90	54
	建筑设计	3.5	140	140	84
	建筑结构	4.0	120	120	72
	建筑物理与建筑设备	2.5	100	100	60
	建筑材料与构造	2.5	100	100	60
	建筑经济、施工与设计业务管理	2.0	85	85	51
二级	建筑结构与设备	3.5	100	100	60
	法律、法规、经济与施工	3.0	100	100	60

从表中可看出及格线都是60%。对历年试题的分析可以看出，有50%～60%的试题属于常规知识范围，也就是建筑师应知应会的知识；约30%～35%的题比较难，一般建筑师可能做不出来；还有约10%～15%的题可以说是偏题、怪题，几乎可以说，一般考生根本做不出来，就是老师也要多方查资料才能找到结果。也就是说，要想考出80分或90分的成绩几乎不可能。因此建议考生备考一定要重点明确，主要复习建筑师应知应会的知识，切忌去钻那些偏题、怪题。考生争取60分通过就行了，不必去追求高分，也没有必要。

在应试拿到考题时，建议考生不要顺着试题顺序往下做。因为有的题会比较难，有的题会比较生僻，耽误的时间比较多，以致到最后时间不够，致使会做的题却来不及做，这就得不偿失了。建议考生将做题过程分如下三步走：

首先用10～20分钟（根据考题的多少）将题从头到尾看一遍，一是首先解答出自己很熟悉很有把握的题；二是将那些需要稍加思考估计能在平均答题时间里做出的题做个记号。这里说的平均答题时间见下表，就是根据每科考试时间和题数计算出的平均答题时间。从表中可以看出，一级除《建筑结构》平均每题为2分钟外，其他5科平均答题时间均在1分20秒至1分30秒之间。二级2科平均每题答题时间在2分钟上下。将估计在这个时间里能做出来的题做个记号。

分　　级	考　试　科　目	考试时间 （小时）	考试题数	每题时间 （分、秒）
一　　级	设计前期与场地设计	2.0	90	1分20秒
	建筑设计	3.5	140	1分30秒
	建筑结构	4.0	120	2分
	建筑物理与建筑设备	2.5	100	1分30秒
	建筑材料与构造	2.5	100	1分30秒
	建筑经济、施工与设计业务管理	2.0	85	1分24.7秒
二　　级	建筑结构与设备	3.5	100	2分06秒
	法律、法规、经济与施工	3.0	100	1分48秒

第二遍就做这些做了记号的题，这些题应该在考试时间里能做完。做完了这些题可以说就考出了考生的基本水平，不管考生的基础如何，复习得怎么样，临场发挥得如何，至少不会因为题没做完而遗憾了。对这些应知应会的题准备考试时一定要认真复习，考试时争取要都能做出来，这是考试及格的基础。

这些会做的题或基本会做的题做完以后，如果还有时间，就做那些需要花费时间较多的题。对这些比较难的题没有把握不要紧，有的可以采用排除法，把肯定不对的答案先排除掉，剩下的再猜答，能做几个算几个。并适当抽时间检查一下已答题的答案。

在考试将近结束时，比如说还剩5分钟要收卷了，你就要看看还有多少道题没有答，这些题确实不会了，也不要放弃。在单选题考试中，对不会的题估填了答案对了也是有分的。建议考生回头看看已答题的答案A、B、C、D各有多少，虽然整个卷子四种答案的数量不一定是平均的，但还是可以这样来考虑。看看已答的题中A、B、C、D哪个最少，然后将不会做、没有答的题按这个前边最少的选项通填，这样其中会有1/4甚至还会多于1/4的题能得分。你如果应知应会的题得了五十多分，再加上这些通填的题得了十几分，加起来就及格了。

以上建议供各位考生参考。

预祝大家顺利通过考试！

主编　曹纬浚

2016年10月